



FACULTAD DE
CIENCIAS ECONÓMICAS
Y DE ADMINISTRACIÓN

POSGRADOS



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

CENTRO DE POSGRADOS FACULTAD DE
CIENCIAS ECONÓMICAS Y DE
ADMINISTRACIÓN

TESIS - MASTER EN GERENCIA Y
ADMINISTRACIÓN (MBA)

MODELOS INNOVADORES DE EXPLOTACIÓN
DEL EXCEDENTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Ing. Melissa Caraballo
Cra. Sabrina Rodríguez

Tutor: Cr. Gabriel Budiño

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Centro de Posgrados de la Facultad de Ciencias Económicas y Administración que nos ha permitido ser parte de su cuerpo de maestrandos, continuando así con nuestra formación académica cada vez más dinámica, desafiante y enriquecida por los excelentes aportes de todos los docentes que han formado parte de esta etapa de aprendizaje del MBA.

Brindamos nuestro reconocimiento especial a nuestro director de tesis Gabriel Budiño, por el apoyo y la confianza prestada en una investigación de diferentes alternativas que no estamos acostumbradas por nuestra propia formación, por todo el tiempo dedicado y también por permitirnos trabajar a su lado y aprender constantemente de diferentes herramientas y formas de investigar, desarrollar e innovar.

Muchas gracias a la UTE y a nuestros compañeros de trabajo, por el apoyo continuo en este camino.

Gracias a Nicolás y Rodrigo por su aguante, su constancia y la confianza en este desarrollo.

Agradecemos también a nuestra familia, padres, hermanos y amigos por el apoyo continuo y el cariño brindado.

TABLA DE CONTENIDOS

Agradecimientos	2
Tabla de contenidos	3
Resumen ejecutivo	6
1 Introducción	7
1.1 Interés de la investigación	7
1.2 Objetivos del estudio	9
1.3 Estructura del estudio y metodología utilizada	9
2 Contexto del Sistema Eléctrico	11
2.1 Cadena de valor del sistema eléctrico	11
2.2 Sistema eléctrico mundial	12
2.2.1 Introducción al Sistema Eléctrico	12
2.2.2 Evolución de la matriz energética mundial e Innovaciones en el mundo	14
2.3 Sistema Eléctrico Uruguayo	15
2.3.1 Introducción del Sistema Eléctrico Uruguayo	15
2.3.2 Transformación de la gestión hacia redes inteligentes	22
2.3.3 Planes país Uruguay y motivación de incursionar en propuestas innovadoras	26
3 Alternativas de análisis y selección	29
3.1 Alternativas	29
3.1.1 Movilidad Eléctrica (ciudades inteligentes)	29
3.1.2 Acondicionamiento térmico (hogares inteligentes)	32
3.1.3 Almacenamiento de energía en bancos de baterías	36
3.1.4 Generación de Hidrogeno	39
3.2 Selección	41
4 Propuesta de modelo de negocio	43
4.1 Propuesta de movilidad eléctrica	43
4.2 Análisis financiero	44
4.3 Impacto de la transición a movilidad eléctrica	47
4.4 Responsabilidad social y objetivos de desarrollo sostenible	49
4.5 Gamification	51
4.6 Estrategia de marketing digital	52
4.7 Stakeholders	54
4.8 Canvas del modelo de negocio	55
5 Conclusiones	56

5.1	Sobre los objetivos	56
5.2	Factores claves para el éxito de la propuesta	59
5.3	Futuras líneas de investigación	59
6	Bibliografía	60
7	Índice de figuras	64
8	Índice de tablas	65
9	Anexos	66
9.1	Evolución de la generación energética	66
9.2	Medidores inteligentes vs. analógicos	69
9.3	Rendimientos y costos de calefacción	70
9.4	Tabla comparativa de aires acondicionados	71

“Electric power is everywhere present in unlimited quantities and can drive the world’s machinery without the need for coal, oil, or gas.”

Nikola Tesla (1856 – 1943)

RESUMEN EJECUTIVO

En esta tesis de maestría estudiamos la situación de la generación de energía eléctrica en el mundo y particularmente en Uruguay. Hemos analizado cuatro alternativas innovadoras para una utilización más eficiente de la energía eléctrica así como una mejor explotación del excedente energético, estas alternativas son: la movilidad eléctrica (ciudades inteligentes), acondicionamiento térmico (hogares inteligentes), almacenamiento de energía en bancos de baterías y generación de hidrógeno. Posteriormente al análisis seleccionamos la alternativa de Movilidad Eléctrica y elaboramos para ella un análisis más exhaustivo donde proponemos un posible modelo de negocios para impulsar este tipo de soluciones a la explotación del excedente energético y cuidado del medio ambiente.

La investigación fue realizada principalmente sobre los siguientes actores: UTE, ADME, MIEM, DNE, ANCAP, URSEA, Facultad de Ingeniería (Udelar), CIER, IMM, entre otros.

Los resultados muestran una asociación positiva entre el desarrollo sostenible, el cuidado del medio ambiente y el desarrollo de variadas alternativas para explotar el excedente energético generado por las energías renovables no convencionales.

Palabras claves: eficiencia energética, energía renovable, movilidad eléctrica, excedente energético, alternativas, UTE, Uruguay.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 INTERÉS DE LA INVESTIGACIÓN

La industria de servicios eléctricos, ha evolucionado desde sus comienzos como un sistema de alumbrado público en 1880 cuando la central eléctrica de Pearl Street de Thomas Edison comenzó a generar electricidad en el bajo Manhattan. Su principal objetivo era proporcionar energía a uno de los inventos más famosos de Edison: la bombilla. Esa primera central eléctrica proporcionó electricidad a 59 clientes. Años más tarde en 1886, se construyó el primer sistema de distribución de energía de corriente alterna que usó transformadores eléctricos y se utilizó para electrificar la ciudad de Great Barrington, Massachusetts. (Power Grid International, 2010)

Las empresas eléctricas de hoy en día están trabajando para evolucionar de las tecnologías analógicas y electromecánicas y avanzar hacia la red inteligente completamente digital. (PwC, 2018)

Los cambios en el sector eléctrico son graduales en particularmente por sus altos costos en inversión e impacto. Los sistemas eléctricos históricamente se han mantenido constantes por largos períodos de tiempo en su forma y fuentes de generación, tanto en las redes de transmisión y distribución como en sus medios de comercialización.

Los operadores eléctricos han sido generalmente compañías eléctricas estatales integradas en la cadena de valor desde la generación a la comercialización como es aún en el caso de Uruguay a través de UTE¹.

La generación eléctrica fue históricamente a través de fuentes tradicionales como son por ejemplo, las centrales hidráulicas, petróleo y carbón. Estas instalaciones de gran tamaño suelen encontrarse lejos de los centros de consumo donde la cadena de valor en la transmisión y distribución toma un gran valor.

Desde los años noventa, con la apertura de algunos mercados energéticos a nivel mundial, algunos países modificaron la estructura del sector con el fin de alcanzar una disminución del costo y poder reducir el precio de los servicios eléctricos.

A nivel internacional como a nivel local, como es el caso de Uruguay, se ha trabajado en políticas para el cambio de la matriz energética logrando cubrir el aumento de la demanda y disminuir los costos de la generación eléctrica².

Uruguay se ha planteado metas de corto, mediano y largo plazo en relación a la energía. Con respecto al mediano plazo se ha planteado promover el desarrollo e instalación de nuevas tecnologías de energías renovables como ser la energía eólica, biomasa, solar, térmica (ciclo combinado) y biocombustibles. (MIEM - Ministerio de Industria, Energía y Minería, 2005)

¹La Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE), es una empresa propiedad del Estado uruguayo que se dedica a las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, prestación de servicios anexos y consultoría.

Disponible en: <https://portal.ute.com.uy/institucional/ute/quienes-somos> (visitado por última vez el 17/11/2019)

² http://www.eficienciaenergetica.gub.uy/novedades/-/asset_publisher/JXsLLcWifNTX (visitado por última vez el 17/11/2019)

[/content/cambio-de-matriz-energetica-ahorra-500-millones-de-dolares-de-costos-anuales](#) (visitado por última vez el 17/11/2019)

Las energías renovables no convencionales, como son la solar y la fotovoltaica, presentan características que desafían a las empresas eléctricas y esto se puede ver porque dependen fuertemente de variables meteorológicas como son el sol y el viento generando incertidumbre en la gestión de la energía y en la operación de la red eléctrica. Sumado a esto, los centros de generación eólica, solar y biomasa se encuentran diversificados y distribuidos en toda la red y no en sitios puntuales como lo estaban tradicionalmente, lo que exige mayor dinamismo como también incremento de las redes de transmisión y distribución.

Estas formas de generación alternativa permitieron que nuevas empresas y pequeños inversores se sumen a la generación del sector eléctrico en modalidad de fideicomisos reestructurando la cadena de valor.

A nivel internacional, esto ha fomentado la competencia por ejemplo en Europa, donde los generadores compiten por vender su producción de energía en los mercados competitivos y bajo la supervisión de la Agencia de Cooperación de los Reguladores de la Energía (ACER).

Se destaca que en Uruguay el mercado funciona de una forma particular y no a través de oferta y demanda como es el caso del mercado Europeo. La Ley 16.832 de Marco Regulatorio y su reglamentación establecen las condiciones de entrada para los agentes interesados en la generación de energía eléctrica, la comercialización en el mercado mayorista y las restricciones técnicas para su instalación (Poder Ejecutivo de Uruguay, 2002). También determinan la separación de los sectores de generación, transmisión y distribución, la creación de la figura del administrador y operador del Mercado Eléctrico Mayorista como entidad independiente (ADME)³, del que contrata servicios al Despacho Nacional de Cargas de UTE, y la creación de la Unidad Reguladora URSEA⁴, con la incorporación de competencias en energía y aguas. Asimismo, los sectores de Transmisión y Distribución de energía permanecen en poder de UTE.

La reglamentación vigente compromete a UTE a la compra de toda la energía generada por diferentes fuentes (eólica, biomasa y fotovoltaica) en plazos de entre 10 y 30 años, con la característica de que la venta sea exclusiva a él. En este modelo, los generadores privados compiten por un contrato de venta de potencia y energía con una única agencia compradora UTE. Asimismo, UTE debe garantizar el acceso de los generadores a las redes y prever mecanismos de compensación en el caso de que el generador no pueda entregar la energía por problemas de generación o congestión de la red.

El año 2018 marca un hito destacable en la generación de energía en Uruguay, ya que comenzó con el 100% de la nueva generación eólica y solar en operación industrial. Uruguay en cuatro años incorporó 1.505 MW de energía eólica y 245 de energía solar como puede observarse en la siguiente figura.

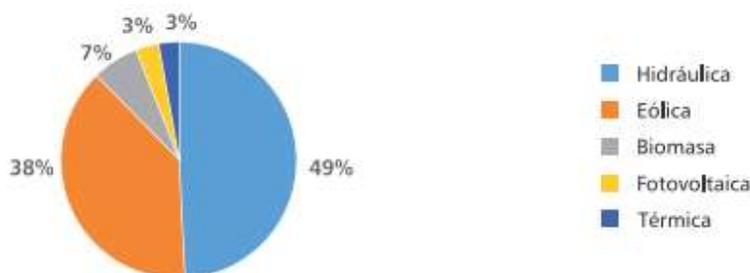


Figura 1.1: Composición de la Generación Eléctrica Uruguay 2018 (Auder - Asociación Uruguaya de Energías Renovables, 2018)

³ La Administración del Mercado Eléctrico (ADME), es una persona pública no estatal, creada por el Artículo 4 de la Ley 16.832 del 17 de Junio de 1997, que establece nuevo Marco Regulatorio legal para el sistema Eléctrico Nacional.

⁴ La URSEA es una institución estatal, creada con el fin de defender a los usuarios, y contribuir al desarrollo del país, a través de la regulación, fiscalización y asesoramiento en los sectores de energía, combustible y agua.

Este aumento de la producción mediante energías renovables ha generado una situación particular, donde por momentos la generación eólica es mayor que la demanda, generando excedentes que no se pueden almacenar. Los medidores inteligentes y la posibilidad de almacenar la energía son la base de este nuevo escenario y abren el camino para acuerdos con hogares o empresas a fin de utilizar la energía en los horarios más convenientes y así bajar costos tanto para UTE como para los particulares. La complejidad de esta nueva red da el comienzo de las redes inteligentes, también conocidas como Smart Grid.

La situación descrita, señala la necesidad de concentrar esfuerzos en optimizar la utilización de energía disponible, incentivando por un lado el consumo nacional a través de la incorporación de nuevos usos (como ser la gestión de la demanda, movilidad eléctrica, nuevos productos y servicios comerciales) y por otro lado, consolidando la posibilidad de intercambios energéticos con los países vecinos.

Creemos que es necesario promover el análisis de alternativas innovadoras que dinamicen la economía y permitan generar ingresos para el país como el cambio cultural a través energías renovables y el cuidado del medio ambiente.

1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Como primer objetivo nos propusimos estudiar la situación actual de la generación de energía eléctrica en el mundo y particularmente en Uruguay y como afecta esto en la gestión energética y en la operación de las redes en vista de la incorporación de energías renovables no convencionales (con alta volatilidad de generación) y de la no posibilidad de almacenar el excedente por la característica propia de la energía debido a que instantáneamente se tiene que balancear la oferta con la demanda. Asimismo, nos propusimos estudiar los avances tecnológicos en materia energética en el mundo y en Uruguay.

Como segundo objetivo nos planteamos identificar distintas alternativas innovadoras para un uso más eficiente de la energía eléctrica, explotando el excedente que hay actualmente y en contribución de los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas (Naciones Unidas, 2016). Asimismo, nos planteamos desarrollar una propuesta modelo de negocio para una de las alternativas aplicando herramientas de análisis desarrolladas en la maestría que explicaremos más adelante de manera que sirvan como ejemplo de posibles iniciativas que se puedan desarrollar en Uruguay.

1.3 ESTRUCTURA DEL ESTUDIO Y METODOLOGÍA UTILIZADA

Nuestro trabajo consta de cinco capítulos. El capítulo 1 está constituida por el interés de la investigación, objetivos del estudio y la estructura y metodología a emplear. En el capítulo 2, presentamos las características y el contexto del sistema eléctrico internacional y específicamente en el Uruguay. Apoyándonos de la revisión de bibliografía y estudio de antecedentes desarrollamos el concepto del sistema eléctrico y su evolución, como también el desarrollo de la transición de las redes de transmisión de energía tradicionales a redes inteligentes en vista de las necesidades de inteligencia artificial. Asimismo, también presentamos innovaciones en el mundo y particularmente los planes país en Uruguay.

En el capítulo 3, que hemos dividido en dos partes, desarrollamos las alternativas de análisis consideradas. En la parte 3.1, tratamos una introducción de las alternativas elegidas en base al estudio del capítulo anterior (casos de innovación como antecedentes de estudios anteriores que han enfocado al incremento de la demanda de energía) y en la parte 3.2, explicamos la selección de la alternativa a desarrollar en el capítulo siguiente, en función de diferentes beneficios de su aplicabilidad y los avances logrados a la fecha.

En el capítulo 4, desarrollamos distintas herramientas de análisis que contribuyan a la investigación de la aplicabilidad de la alternativa seleccionada “movilidad eléctrica” y estrategias de expansión de la misma, de manera de darle un valor agregado a la situación actual del país como las necesidades emergentes por el cuidado del medio ambiente y el desarrollo sostenible apuntando a tecnologías limpias. En este capítulo se realiza la propuesta de un posible modelo de negocio donde presentamos un análisis financiero sobre el cambio de tecnología evaluando su impacto en la transición. Asimismo, apoyadas en herramientas probadas, desarrollamos una estimación financiera del proyecto de transición de un vehículo a combustión por uno eléctrico, como también el análisis del impacto en la responsabilidad social y la contribución de la herramienta de gamificación, estrategias de marketing digital para la dinamización de la comunicación y creación de conciencia, identificación de stakeholders y el desarrollo de un modelo canvas que reúne los aspectos más relevantes analizados.

Culminamos con el capítulo 5, donde planteamos las conclusiones y las implicancias de nuestro estudio para la práctica empresarial, ambiental y social, así como la propuesta de futuras líneas de acción y de investigación.

2 CONTEXTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

2.1 CADENA DE VALOR DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Con el objetivo de comprender el sistema eléctrico a partir del cual se buscaran oportunidades alternativas de un uso eficiente de la energía, se explica a continuación la cadena de valor del proceso de la electricidad. Para lograr la estabilidad del sistema eléctrico, la demanda de energía tiene que ser igual a la oferta, es decir, que el consumo sea igual a la producción como se puede apreciar en la figura 2.1. Esta igualdad debe ser instantánea, no es posible producir para almacenar, la electricidad debe ser producida en el momento en el que se está consumiendo. El paradigma clásico es que la oferta sigue a la demanda.

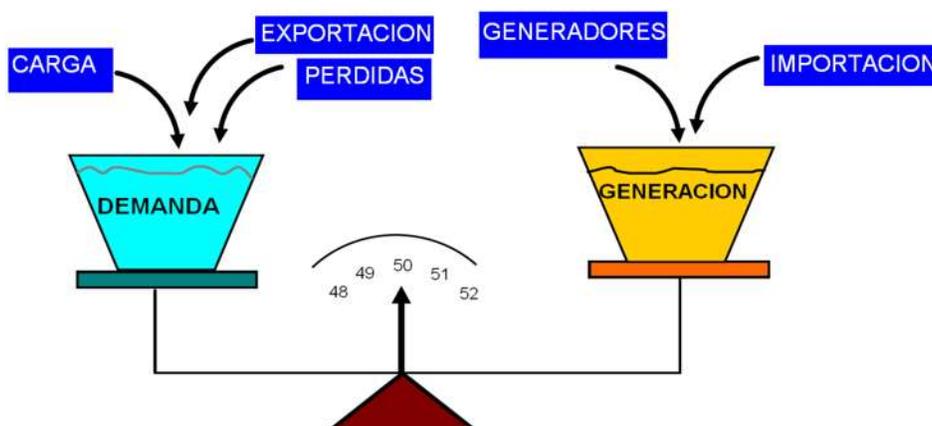


Figura 2.1: Balance Demanda/Oferita (en base a curso de inducción del Despacho de Cargas Uruguay de UTE)

El sistema eléctrico está integrado por los siguientes factores: demanda, generación, la red y las interconexiones.

a) La Demanda de electricidad: El consumidor define autónomamente su consumo. El pico de consumo históricamente se da en el invierno, dependiendo de la sensación térmica y está asociada a la sucesión de días fríos. El consumo anual tiende a crecer, dependiendo de la actividad económica y del clima. El consumo de electricidad es pronosticable.

b) La Generación: Hay dos tipos de generación, la generación convencional (por ejemplo térmica e hidráulica) y la generación con energías renovables no convencionales (por ejemplo eólica y solar). La generación eólica o solar es dispersa, variable. Se podría decir que es complementaria a la hidráulica ya que cuando hay mucho viento o radiación solar, se podría rescindir de generación con hidráulico almacenando agua en los embalses para cuando no se cuente con las energías renovables no convencionales.

c) La Red: Para transmitir la energía se utilizan redes de alta y extra alta tensión (150kV y 500kV) y luego se baja la tensión para redes de media y baja tensión a nivel de distribución.

e) Interconexiones: Las interconexiones se realizan con países vecinos, a los efectos de la importación o exportación de energía, como también para brindarle seguridad al sistema energético ante perturbaciones en alguno de los sistemas interconectados.

La función principal del centro de control de energía es abastecer la demanda de energía eléctrica y los compromisos de exportación y/o importación en forma óptima, manteniendo el balance de potencia, en condiciones de seguridad y calidad, sujeto a las restricciones del sistema.

En las siguientes figuras, se muestran la cadena de valor del mercado eléctrico; estando conformado por cinco procesos principales: gestión energética operativa y comercialización mayorista, generación, transmisión, distribución y comercialización. Estas etapas bien diferenciadas comprenden la tradicional cadena de valor del sector eléctrico.



Figura 2.2: Mapa de procesos básicos del mercado eléctrico (elaboración Propia)



Figura 2.3: Cadena de Valor del Mercado Eléctrico ⁵

2.2 SISTEMA ELÉCTRICO MUNDIAL

2.2.1 Introducción al Sistema Eléctrico

Durante un largo período, el sistema eléctrico permaneció invariante en relación a su estructura y principales características, más allá del crecimiento y la incorporación de nuevas fuentes de generación. Las características principales de estos sistemas energéticos se centraban en una red cuyo flujo se constituía de forma unidireccional para la trasmisión de energía e información. La competencia era muy baja o incluso nula en algunos mercados debido a los altos costos de inversión inicial y barreras de entrada al sector. Los clientes eran principalmente pasivos consumiendo según sus necesidades. Las empresas ante necesidades de mayor demanda tomaron como solución la construcción de grandes centrales generación alejadas de los centros de consumo, mejoramiento de la red de trasmisión y ampliación de las redes de distribución a sus clientes capaces de transportar y distribución un mayor volumen energético. Debido a su magnitud, las grandes centrales de generación involucran importantes inversiones y largos períodos de tiempo previo a volverse operativas.

Si bien este ciclo de inversiones fue exitoso durante un largo período, surge la necesidad de embarcarse en un período de fuertes cambios en relación a la operación de las redes eléctricas. El sector eléctrico mundial está experimentando la transformación de una arquitectura de red en grandes activos de generación

⁵ <https://www.grupoenergiabogota.com/eeb/index.php/empresa/preguntas-frecuentes> (visitado por última vez el 17/11/2019)

centralizada en grandes centrales a una red eléctrica cada vez más descentralizada que hace uso de recursos energéticos distribuidos. El crecimiento de estos recursos se está acelerando apoyado por una regulación en evolución sobre las emisiones de carbono, una mayor proactividad de los consumidores, y una mayor viabilidad financiera en comparación con la generación tradicional. Este alejamiento de las centrales eléctricas tradicionales abarca un conjunto diverso de tecnologías como el almacenamiento de energía, la eficiencia energética, la gestión activa de la demanda (o demand response como es conocido por su término en inglés), software y hardware avanzados que permiten un mayor control e interoperabilidad. (Navigant, 2018)

En la actualidad, los países más desarrollados a nivel energético han promovido cambios en la participación que toman los consumidores dentro de la cadena de valor impulsados por objetivos de ahorros y eficiencia en el consumo energético. Estos cambios se enfocan en el ahorro energético acompañado de un uso eficiente y consiente de la energía y la disminución de los precios en el mercado. La disminución de las barreras de entrada y nuevas oportunidades de negocio con valor agregado han abierto el mercado a nuevos competidores, introduciendo nuevas herramientas financieras, controles de riesgo, contratos a futuro y tarifas dinámicas despertando el interés de entidades financieras, inversores y agentes de energía con interés en explotar estas nuevas oportunidades en el sector energético. Los gobiernos han incluido en sus agendas de desarrollo el acceso universal del suministro eléctrico y la promoción de energías sostenibles. (Naciones Unidas, 2016)

En el 2015, la organización mundial de las naciones unidas, planteó un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo plantea metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años con cooperación de los gobiernos, sector privado y la sociedad civil. Entre los objetivos se plantea el acceso a energía asequible, segura, sostenible y moderna. (Naciones Unidas, 2016)

A modo de resumen, se observa que se está gestando un cambio de paradigma, en el que se transforma la relación tradicional entre servicios públicos y consumidores, generando que las empresas deban enfrentar nuevos desafíos a medida que sus clientes adoptan la generación distribuida y las oportunidades que brinda el nuevo sistema para participar de manera más proactiva en el mercado. (Mission Data, 2016)

Como señala The Economist en su publicación “The world’s most valuable resource is no longer oil, but data”, el recurso más valioso de este siglo son los datos y la información y no el petróleo como el siglo pasado. Las redes inteligentes acompañadas de los avances en telecomunicaciones permiten el intercambio de datos de forma constante y estos datos son analizados utilizando Big Data permitiendo aplicar inteligencia a la red en aplicaciones como planificación de cargas y optimización de la red. (The Economist, 2017)

Antes, en el esquema tradicional (Figura 2.4: Cambio de Paradigma (elaboración propia)) la consigna era que la oferta seguía la demanda y ahora el paradigma cambia a que la demanda siga a la oferta y es a través de las redes inteligentes que se busca gestionar la demanda. Particularmente, se están percibiendo cambios estructurales fundamentales dejando atrás el paradigma de la empresa de energía verticalmente integrada y una red centralizada con flujo de energía en un solo sentido, hacia una red completamente descentralizada en su generación, operación y consumo.

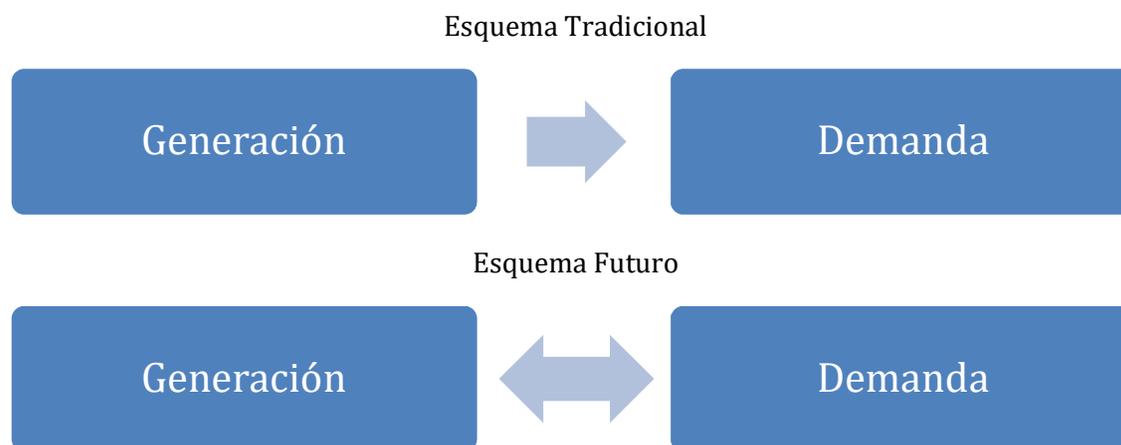


Figura 2.4: Cambio de Paradigma (elaboración propia)

A nivel mundial, en el año 2016 se produjeron aproximadamente 5,9 TWh de energía renovable. Esto representa un aumento de 5 a 6 veces desde la década de 1960. A nivel mundial la energía hidroeléctrica sigue siendo la forma dominante del consumo moderno de energías renovables representando casi el 70 por ciento, esta disminuye a medida que crecen otras tecnologías renovables. En el 2017, el 70% de la capacidad de generación de energía eléctrica del mundo correspondió a energías renovables. ⁶

En el anexo 9.1 Evolución de la generación energética se encuentra desarrollada la evolución en mayor detalle.

2.2.2 Evolución de la matriz energética mundial e Innovaciones en el mundo

La oportunidad de combinar tecnologías complementarias entre sí (energía eólica y solar, biomasa y bioenergía), está cambiando la forma de generar y consumir la energía, desplazando los modelos de negocio convencionales hacia nuevos modelos basados en la electrificación de la demanda mediante energías renovables con almacenamiento.

Como innovaciones en el mundo se pueden destacar:

- El almacenamiento híbrido: almacenamiento en batería conectado a instalaciones renovables. Esta tecnología está liderada por EEUU., Australia, Japón, China, Corea del Sur e India. Estados Unidos ya cuenta con más de 2,5 GW de almacenamiento híbrido que compite con el gas. Se espera que los precios de las baterías desciendan un 80% para 2040, haciendo que las ofertas de energía solar y eólica con almacenamiento sean más competitivas.
- El almacenamiento flexible: almacenamiento instalado junto al consumo, con aplicaciones inteligentes, conectado a la autogeneración renovable, a la carga del vehículo eléctrico y la calefacción. Su desarrollo va a transformar el sistema energético y solucionar problemas como la intermitencia de las renovables o la recarga de millones de vehículos eléctricos, permitiendo reducir costes a la red y ahorros en el recibo de la luz a través de la gestión activa de la demanda.

⁶ <https://negocios.elpais.com.uy/noticias/uruguay-lidera-mundo-proceso-energia-verde.html> (visitado por última vez el 17/11/2019)

- La bioenergía: la biomasa como parte del concepto de economía circular, son la mejor alternativa para una calefacción y movilidad sostenibles a precios mucho más bajos que los del gas o gasoil. El valor más exclusivo de la biomasa es que no es solo una fuente de energía sino un recurso necesario para abordar la gestión de residuos industriales, forestales, agrícolas, ganaderos, urbanos y de depuradoras.
- Futuro totalmente eléctrico: el éxito de la electrificación dependerá de la prioridad que tenga la eficiencia energética, de las señales de precio que se den a los consumidores para que cambien sus hábitos de consumo y de que los modelos de negocio se orienten hacia la gestión inteligente de la demanda. Solo así se alcanzarán los efectos para que la electrificación se considere beneficiosa: ahorro para los consumidores, mejora de la gestión de la red y reducción de los impactos ambientales. La electrificación beneficiosa representa la más alta eficiencia energética al hacer coincidir la oferta y demanda de energía en tiempo real en el mismo centro de consumo.⁷

2.3 SISTEMA ELÉCTRICO URUGUAYO

2.3.1 Introducción del Sistema Eléctrico Uruguayo

Antes de la Ley N° 16.832 de 1997, UTE era una empresa con monopolio legal, integrando la cadena de actividades de producción, transporte y distribución, disponiendo también de la energía de Salto Grande (parte uruguaya de organismo binacional) y a cargo de los intercambios internacionales.

Con los cambios por la Ley, la generación pasó a ser actividad libre, se crea un mercado mayorista (MMEE), una administradora (ADME), un despacho de cargas (DNC) y el regulador (URSEA) Asimismo, consumidores clasificados acceden al MMEE. Continúa el monopolio de UTE en transmisión y distribución, con libre acceso (Poder Ejecutivo de Uruguay, 1997). A continuación, en la figura 2.5 se muestra la nueva organización del sector eléctrico uruguayo.

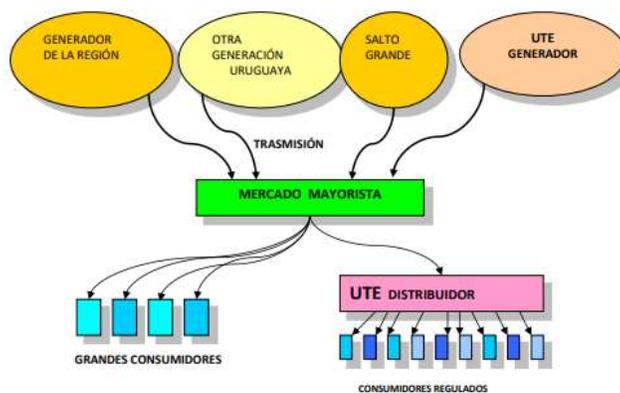


Figura 2.5: Organización del Mercado Eléctrico (Facultad de Ingeniería UDELAR, 2018)

Para abastecer la demanda de energía del territorio uruguayo, la empresa eléctrica UTE cuenta con centrales de generación hidráulica en Río Negro y en Salto Grande (emprendimiento binacional entre Argentina y Uruguay), eólica (repartidas en todo el país) y térmica. Asimismo, la producción se

⁷ <https://www.energias-renovables.com/javier-garcia-breva/la-revolucion-de-las-renovables-con-almacenamiento-20181219> (visitado por última vez el 17/11/2019)

complementa con la energía proveniente de plantas de generación propiedad de terceros (como ser generación eólica, fotovoltaica y biomasa).

En las figuras **Error! Reference source not found.** y **Error! Reference source not found.**, se puede visualizar las fuentes de abastecimiento de energía en Uruguay.

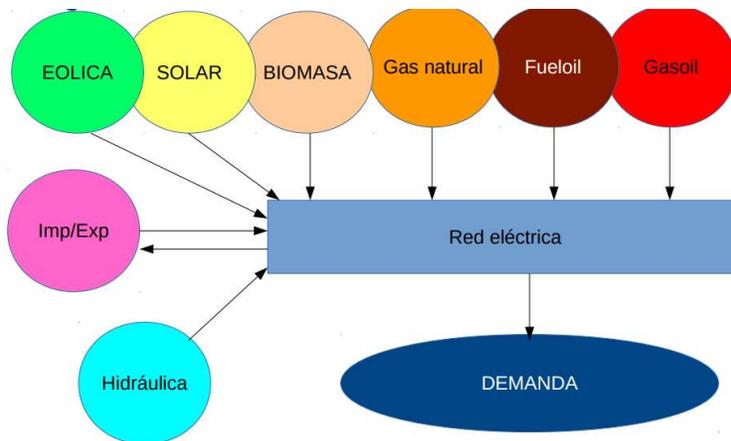


Figura 2.6: Fuentes de Abastecimiento de Energía (ADME - Administración del Mercado Eléctrico, 2015)

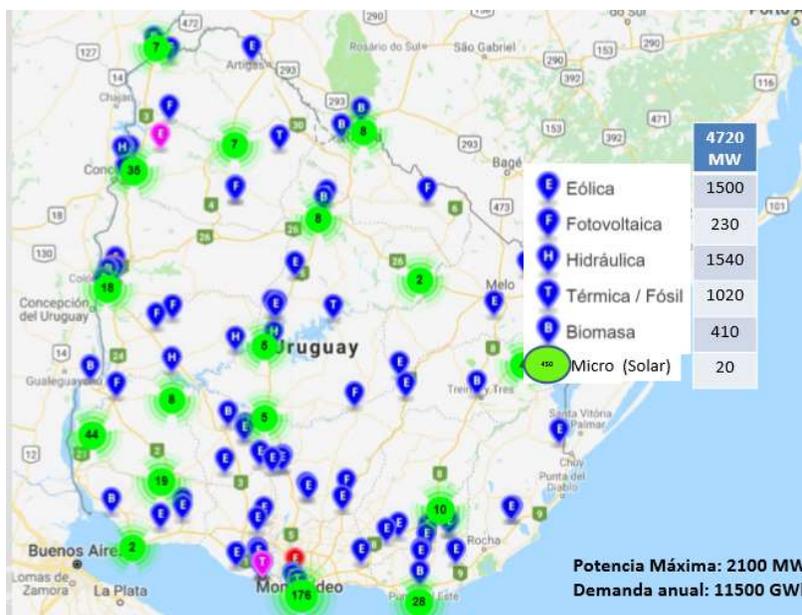


Figura 2.7: Generación en Uruguay (UTE, 2019)

En la **Error! Reference source not found.** se refleja la capacidad de intercambio energético de Uruguay con Argentina 2000 MW y con Brasil 600 MW. (UTE, 2018). Uruguay tiene 4100MW instalados, mientras que Argentina tiene 28.000MW y Brasil 130.000MW. Cuando es necesario UTE importa energía desde Brasil y Argentina por las interconexiones de alta tensión, y viceversa, exporta excedente de energía a Brasil a través de la Conversora de Melo y Rivera o Argentina a través de la represa Salto Grande.



Figura 2.8: Mapa de Interconexiones con países vecinos en base a presentaciones internas de UTE

Uruguay a pesar de ser el país más pequeño de la región lidera en términos energéticos. Sus políticas energéticas se encuentran a la vanguardia y son ejemplo a nivel mundial de su proceso de transformación de la matriz energética donde casi su totalidad es soportada con energías renovables. (MIEM - Ministerio de Industria, Energía y Minería, 2005).

En la siguiente tabla se detalla la composición del parque generador nacional por fuente en potencia instalada, para agentes del MMEE⁸ en el año 2018.

Fuente de Generación	% del total de potencia instalada
Hidroeléctrica	34
Térmica	22
Biomasa	9
Eólica	30
Solar fotovoltaica	5
Total	100

Tabla 2.1: Potencia instalada de Agentes del MMEE por fuente (ADME - Administración del Mercado Eléctrico, 2018)

La demanda de energía eléctrica uruguaya se incrementó un 3,3% en el año 2018 respecto del 2017, alcanzando un total de 11.144 GWh. Este incremento se debe a la baja de la temperatura mínima promedio del período de invierno del año 2018 y la temperatura máxima promedio del período estival de dicho año, ambos factores que contribuyen a un aumento de la demanda. La demanda se relaciona con su precio, la disponibilidad de equipamiento eléctrico y su utilización por parte de los usuarios. El nivel y la evolución de actividad económica afectan a las dos últimas, mientras que las condiciones climáticas tienen especial influencia sobre la intensidad de uso de los artefactos eléctricos.

⁸ MMEE: Mercado Mayorista en Uruguay

En la **Error! Reference source not found.** puede observarse la relación positiva entre el crecimiento del PBI y la demanda de energía eléctrica entre los años 2008 y 2015, y el desacoplamiento de ambas variables en los años 2016 y 2017 debido a la gran influencia en la demanda eléctrica de la temperatura media.



Figura 2.9: Producto Bruto y Demanda de Energía Eléctrica 2008-2018 (ADME - Administración del Mercado Eléctrico, 2018)
Evolución de la matriz energética uruguaya

En Uruguay, las políticas energéticas promovidas en la última década apostaron a la reestructuración del mercado eléctrico y a una fuerte inclusión de fuentes de generación renovables no convencionales instaladas en todo el país. Además, el desarrollo de políticas para transformar a Montevideo en una ciudad inteligente o Smart City por ejemplo con control de alumbrado público y transporte eléctrico que acompañan las tendencias mundiales de los países desarrollados. (MIEM - Ministerio de Industria, Energía y Minería, 2019)

Hasta fines de la década pasada el Sistema Eléctrico Uruguayo estaba constituido por aproximadamente 10 centrales de generación gestionable de UTE. Desde el 2012 se registra un aumento sostenido de la participación de la energía renovable, la cual conformaba una participación por debajo del 40% en 2012 y del 59% en 2016. (Auder - Asociación Uruguaya de Energías Renovables, 2018)

Las históricas transformaciones que el país concretó en su matriz energética, de las que UTE ha sido actor principal, incorporan definiciones de Estado que se proyectan con importantes impactos en el futuro de nuestro sistema.

La diversificación de la matriz energética, tanto de fuentes como de proveedores, apuntó a asegurar el abastecimiento de la demanda, reducir los costos de abastecimiento y su variabilidad, disminuir la dependencia del petróleo y fomentar la participación de fuentes energéticas autóctonas, en particular las renovables. Este proceso, en el cual nos encontramos inmersos, está propiciando la transferencia de tecnología y desarrollo de capacidades nacionales, contribuyendo además en la reducción del impacto medioambiental del sector.

Asimismo, la transformación en curso ha permitido reducir significativamente la vulnerabilidad en materia de costos de abastecimiento de la demanda asociada a la gran dependencia del clima en la generación hidráulica y a los precios de los combustibles o importación de energía.

La matriz eléctrica actual de Uruguay refleja una realidad de disponibilidad suficiente de energía, menor a la dependencia de las condiciones hidrológicas, menor dependencia del petróleo y consolidación de las capacidades d integración energética con los países vecinos.

Uno de los problemas clásicos del sector energético ha sido la ineficiencia provocada por la propia naturaleza de la electricidad: fácil de producir, sencilla de distribuir pero muy complicada de almacenar.

Actualmente, la forma de almacenar energía es a través de la energía hidráulica, generando embalses y energía térmica a través de la reserva de combustible. En el caso, de que haya excedente de lluvias y se cuente con el máximo de agua embalsada, puede que se tenga que verter por seguridad de las represas y se pierda de generar. Un inconveniente nada apetecible que se vuelve todavía más doloroso al añadir a la ecuación son las energías renovables que, por puro sentido común, dependen de las fuentes naturales (como viento y sol) para producir más o menos electricidad, generando una variabilidad relevante.

En la siguiente figura se muestra la procedencia energética de Enero a Junio 2019 donde podemos ver claramente la hegemonía de las fuentes de energías renovables en la matriz energética del Uruguay.

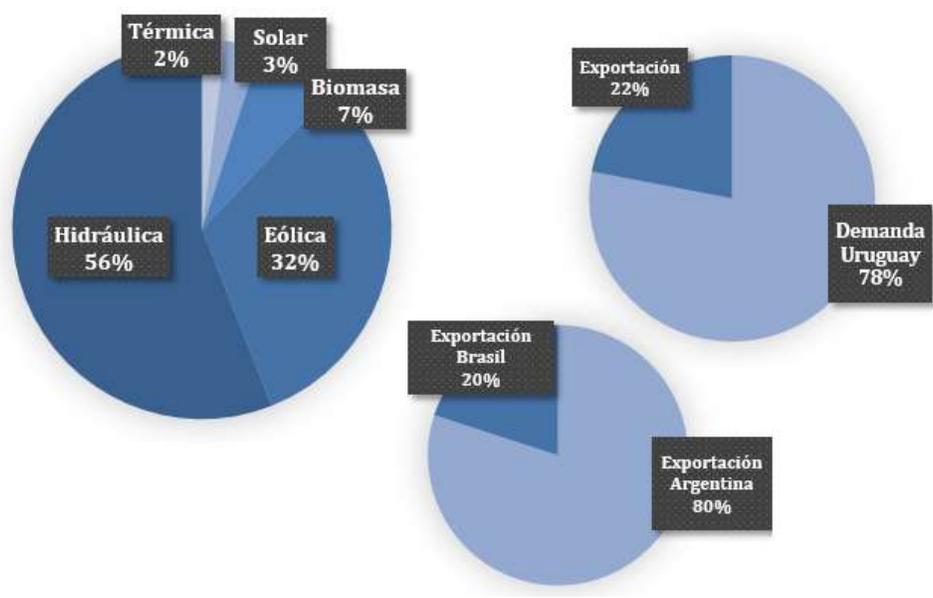


Figura 2.10: Procedencia energética de Uruguay en el periodo Enero-Junio 2019 (elaboración propia en base a (Casaravilla, 2019))

Excedente Energético:

Uruguay ha mostrado que es posible integrar una gran proporción de energía renovable no convencional en la red eléctrica, cuando se tiene una variabilidad de la producción. Esto es así ya que ADME maneja la generación en función de las previsiones (como ser previsión de demanda, generación solar y eólica) y herramientas de operación y gestión. Asimismo, la volatilidad de las fuentes renovables es respaldada por las centrales hidráulicas, biomasa y en caso de ser necesario, de centrales térmicas cuando los recursos naturales no alcanzan para cubrir la demanda. (ADME - Administración del Mercado Eléctrico, 2018)

A medida que se incorporan fuentes de energía cuyo comportamiento minuto a minuto es variable y dependiente de las condiciones climáticas, como son la generación eólica y fotovoltaica, se vuelve más

compleja la gestión del sistema eléctrico. El problema de las variaciones bruscas de la generación eólica, es sobre todo en el momento de fuertes vientos cuando todos los aerogeneradores “cortan” por exceso de viento. El viento es una fuente de generación limpia pero cuando se dan excesos no se puede generar por seguridad de los equipos. Por lo que, los desafíos para el futuro son la gestión de la demanda en función de la oferta y de la capacidad de la red y las propuestas de nuevos servicios de valor agregado.

Los sistemas tienden a mayores excedentes, esto significa mayores oportunidades para una integración de mercados en base a ofertas de oportunidad horarias, por lo que hay que promover las demandas con respuesta. Las reglamentaciones deberán evolucionar permitiendo la flexibilidad de las Ofertas Horarias pero conservando los equilibrios de remuneraciones de las inversiones tanto de Generación como de Demanda. (LATAM Renovables, 2019).

En la siguiente figura se muestra un ejemplo del abastecimiento de la demanda interna y exportación del excedente en la semana del 23 de marzo de 2019. Se puede observar que la mayor participación es con hidráulico y eólico y una porción menor con solar y biomasa, no habiendo presencia de generación térmica.



Figura 2.11: Abastecimiento de la demanda uruguaya y exportaciones semanal (LATAM Renovables, 2019)

En lo que va del año 2019, a octubre 2019, el 23% de la energía generada en el país fue exportada. El 98% del total (exportación + demanda interna) fue generado por fuentes renovables. Apenas el 2% fue aportado por centrales térmicas (derivados del petróleo). La energía generada en el período transcurrido del año es de casi 13TWh y la demanda anual de aproximadamente 11TWh, resultando un excedente de 2TWh (18% de la demanda).

Generación solo Renovable (anual)

	MW	FC	Energía (GWh)
Eólica	1500	0,40	5.256
FV	228	0,19	379
Biomasa	400	0,24	850
Hidro			6.500
Total			12.985

Demanda anual Apróx. 11 TWh

Excedentes Apróx. 2 TWh (18 % demanda)

Figura 2.12: Excedentes de energía eléctrica (Martin Scarone, MIEM Congreso Auder 2019)

Pero qué pasaría si los países vecinos no necesitaran del excedente, o si pudiera ser colocada en el mercado interno con mejor rendimiento económico, o si la demanda uruguaya no acompañara los momentos de mayor generación renovable convencional, que por su característica no es almacenable. Se estaría perdiendo la oportunidad de explotación y venta del mismo.

En el continuo proceso de diversificación de la matriz energética, Uruguay a través de UTE como empresa estatal prestadora de servicios de energía, está promocionando la introducción paulatina de autos eléctricos en el sistema de transporte junto con la creación de una ruta con estaciones de carga para estos vehículos que se despliega de oeste a este del país, con un recorrido de unos 500 km. (MIEM - Ministerio de Industria, Energía y Minería, 2019). Como resultado de estos procesos de cambio y transformación, el sector energético se enfrenta actualmente a un cambio de paradigma en la forma en que generamos, almacenamos y consumimos energía. La complementariedad entre la energía eólica y la carga de los vehículos durante la noche parece ser una buena oportunidad. Se está dejando atrás el paradigma de la empresa de energía verticalmente integrada con una red centralizada con flujo de energía en un solo sentido, hacia una red completamente descentralizada en su generación, operación y consumo. ⁹

La clave y el desafío futuro son que las energías renovables no convencionales (ERNC) sean “gestionables”, es decir, que se pueda “producir cuando se necesita”.

El consumo energético es la cantidad de “MWh demandados en un lapso determinado”. El pico de demanda, por su parte, da cuenta de “la potencia máxima requerida para abastecer la demanda en un momento dado”.

En la **Error! Reference source not found.**) se puede observar como entre los años 2017 y 2018 se presenció un aumento de la energía entregada al sistema eléctrico del orden del 7.7%. Durante el invierno del 2018 se presenció el nivel histórico de Potencia Máxima de consumo de energía de 2.063 megavatios (MW). En el verano 2019 ocurrió un hallazgo y se superó el pico actual 1121 megavatios (MW) a las 15hs del 29 de enero y superando asimismo al invierno.

⁹ <https://www.pv-magazine-latam.com/2019/04/02/latinoamerica-alcanza-potencia-fv-instalada-de-10-gw/> (visitado por última vez el 17/11/2019)

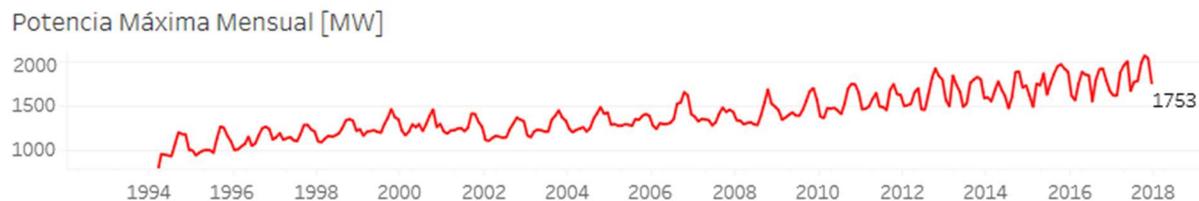


Figura 2.13: Evolución del consumo de los hogares uruguayos del 1994 al 2019 (en base a informes internos de UTE)

En línea con que se pueda “producir cuando se necesita”, resulta fundamental el desarrollo de las tecnologías en los sistemas eléctricos, lo que se conoce como “Redes Inteligentes o SMART GRID”, llevando a un cambio de paradigma en los sistemas eléctricos, cambiando la consigna de “la oferta siga la demanda” a “la demanda siga la oferta”, en búsqueda de generar un vínculo más estrecho entre la generación y el cliente final.

2.3.2 Transformación de la gestión hacia redes inteligentes

El término Smart Grid o Red Inteligente, como se lo conoce en español, hace referencia a un conjunto de tecnologías de información y comunicación que dan respuesta a las nuevas necesidades de las redes eléctricas, empresas y consumidores. Una red inteligente tiene como fin de optimizar demanda y oferta de energía eléctrica.

Estas redes son capaces de almacenar una gran cantidad de datos que brindan información para que los clientes gestionen más eficientemente su consumo y que los operadores del sistema eléctrico como por ejemplo UTE puedan conocer mejor a sus clientes y desarrollar productos específicos para ellos.

Los sistemas eléctricos presentan una condición limitante, la electricidad debe consumirse en el momento de su generación y el excedente que no sea colocado en el mercado local o exportado se pierde. Esta ausencia de almacenamiento lleva a la pérdida de recursos y por tanto de beneficios para las empresas, las redes pueden ofrecer alternativas a estos problemas mejorando la eficiencia en la red.

Algunos de los elementos que forman parte de las redes inteligentes son:

- Telegestión
- Gestión activa de la demanda
- Generación distribuida
- Gestión automatizada de la red
- Desarrollo de movilidad eléctrica

UTE se ha comprometido con las energías limpias y mantiene diversos proyectos de energías renovables. Estas nuevas fuentes de generación se encuentran distribuidas por todo el territorio uruguayo, alejadas de los centros urbanos como se ha mencionado anteriormente. A su vez, se ha incorporado en los últimos años el concepto de generación distribuida donde los clientes pueden generar e inyectar energía en la red.

La presencia de vehículos eléctricos se encuentra en crecimiento a nivel mundial. El aumento en el uso de los mismos puede generar desbalances en la red por el factor aleatorio del puesto de carga, en este punto las Redes Inteligentes cobran un rol muy importante. (CIMAT, 2014)

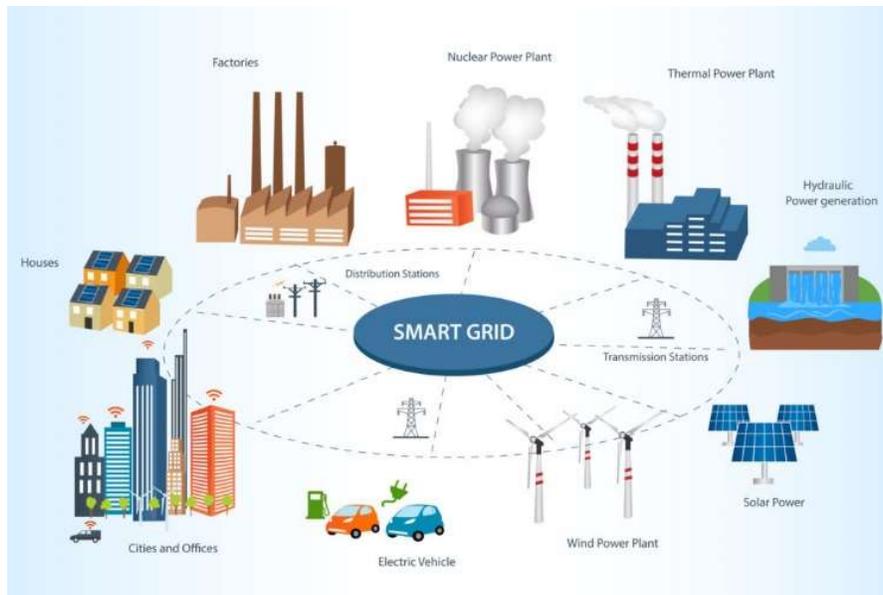


Figura 2.14: Smart Grid (IEEE, 2018)

Los medidores inteligentes son un pilar fundamental para las Redes Inteligentes y su gestión, estos permiten la teledeteción detallada de consumos y un mayor acceso a información. Con ellos se habilitan nuevas posibilidades como una hipersegmentación de consumidores y franjas tarifarias, así como el control a distancia del consumo. Las Redes Inteligentes permiten monitorizar y medir el comportamiento eléctrico de los dispositivos conectados en el sistema.

HOW YOUR SMART METER HELPS YOU TAKE CHARGE OF YOUR POWER BILL

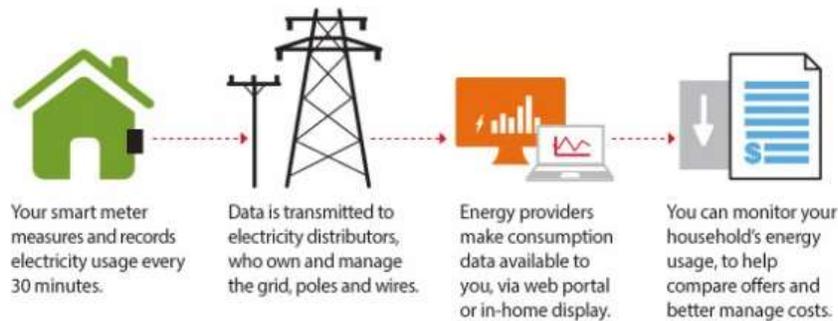


Figura 2.15: Smart Grid Components ¹⁰

En Uruguay, la mayoría de los hogares cuentan con medidores analógicos. En función de la necesidad de información instantánea y la gestión de la demanda en tiempo real, los medidores inteligentes son fundamentales para el cálculo de los patrones de consumo diversificados

En la actualidad UTE está siguiendo un proyecto de recambio de medidores por “medidores inteligentes” que permitirán la explotación de información en otro nivel como parte de la inversión en Smart Grid. Los

¹⁰ <https://www.elprocus.com/overview-smart-grid-technology-operation-application-existing-power-system/> (visitado por última vez el 17/11/2019)

medidores inteligentes son más eficientes ya que proporcionan información actualizada, con mayor calidad y pueden llevar a cabo tareas que antes requerían de la intervención humana.¹¹

Los medidores inteligentes constituyen un paso más hacia la modernización del sistema eléctrico, en busca de un sistema más fuerte, inteligente y eficiente. Estos proporcionan los primeros beneficios a los clientes al permitirles comprender y reducir su consumo de energía y sus costos mensuales. Son la puerta de entrada a una mayor eficiencia energética y fuentes de energía renovables integradas, al tiempo que admiten una nueva generación de dispositivos inteligentes y vehículos eléctricos. Avanzar a una red más inteligente es una serie de pequeños pasos y avances incrementales. En el anexo 9.1 se describe la evolución de la generación energética.

Para UTE y sus clientes los medidores inteligentes pueden brindar excelentes beneficios en eficiencia energética. Los períodos cortos entre las lecturas le permiten ver la cantidad de energía que consume, así como la hora y la zona donde se utiliza. Por ejemplo, se podrá analizar cuánta energía se usa mientras su casa está vacía y así determinar si hay una manera de reducir el consumo. Esto podría lograrse desenchufando aparatos y cargadores antes de salir de la casa o asegurándose de que todas las luces estén apagadas. También puede emplear esta información para determinar qué tipo de contrato o tarifa es más conveniente u ofrece más confort.

Los datos pueden ser recopilados y analizados por UTE con el fin de comprender mejor los patrones de consumo y mejorar el servicio a sus clientes. Sin embargo, esto puede generar preocupaciones por la privacidad de los clientes y sus hogares. El análisis de los metadatos proporcionados por estos medidores inteligentes puede decir mucho sobre una persona a través del uso de energía, como cuando está en la casa e incluso en la parte en que se encuentra dependiendo de los aparatos que esté utilizando, cabe destacar que los datos transmitidos desde y hacia estos medidores están cifrados, lo que dificulta el acceso de terceros a la información sin su consentimiento y se garantiza la privacidad a los consumidores.

Los beneficios no son tan sólo monetarios, sino que la imagen de marca de UTE se ve beneficiada al ofrecer un mejor servicio.

La eficiencia energética se puede lograr a través de inversiones en tecnología y con cambios en los hábitos de consumo. La gestión activa de la demanda (Demand Response) es una vía para optimizar el consumo eléctrico de acuerdo a la oferta obteniendo numerosas ventajas para el cliente en ahorro y para las compañías eléctricas en el aprovechamiento de los recursos y la oferta momentánea. El objetivo es que el consumidor ajuste sus hábitos de consumo eléctricos para adaptarlos a las fluctuaciones en costo del servicio según la franja horaria.

La gestión activa de la demanda ofrece una oportunidad para que los consumidores desempeñen un papel importante en la operación de la red eléctrica al reducir o cambiar su consumo de electricidad durante los períodos pico, en respuesta a las tarifas basadas en el tiempo u otras formas de incentivos financieros. Algunos planificadores y operadores de sistemas eléctricos están utilizando los programas de respuesta a la demanda como opciones de recursos para equilibrar el mercado. Dichos programas pueden reducir el costo de la electricidad en los mercados mayoristas y, a su vez, llevar a precios minoristas más bajos. Los métodos para involucrar a los clientes en los esfuerzos de respuesta a la demanda incluyen ofrecer tarifas basadas en el tiempo, como precios de tiempo de uso, precios pico críticos, precios pico variables, precios en tiempo real y descuentos pico críticos. También incluye programas de control de carga directa que

¹¹ <https://www.montevideo.com.uy/Ciencia-y-Tecnologia/Comenzo-la-instalacion-de-los-nuevos-medidores-inteligentes-de-consumo-electrico-uc704013> (visitado por última vez el 17/11/2019)

brindan a las compañías eléctricas la capacidad de encender y apagar los acondicionadores de aire y calentadores de agua durante los períodos de mayor demanda a cambio de un incentivo financiero y menores facturas de electricidad.

La industria de la energía eléctrica considera los programas de respuesta a la demanda como una opción de recursos cada vez más valiosa cuyas capacidades e impactos potenciales se amplían con los esfuerzos de modernización de la red. Por ejemplo, los sensores pueden percibir problemas de carga máxima y utilizar la conmutación automática para desviar o reducir la energía en lugares estratégicos, eliminando la posibilidad de sobrecarga y la falla de energía resultante. La infraestructura de medición avanzada amplía el rango de programas de tarifas basadas en el tiempo que se pueden ofrecer a los consumidores. Los sistemas de clientes inteligentes, como las pantallas en el hogar o las redes de área doméstica, pueden hacer que sea más fácil para los consumidores cambiar su comportamiento y reducir el consumo en el período pico de la información sobre su consumo de energía y sus costos. Estos programas también tienen el potencial de ayudar a los proveedores de electricidad a ahorrar dinero a través de reducciones en la demanda pico y la capacidad de diferir la construcción de nuevas plantas de energía y sistemas de suministro de energía, específicamente, aquellos reservados para su uso durante las horas pico.

A nivel mundial, se han producido ventajas económicas importantes de las que se benefician tanto proveedores como consumidores. Se reconoce a la gestión inteligente de la demanda como uno de los principales impulsores de las Redes Inteligentes. Si bien la respuesta a la demanda ya es una herramienta establecida para respaldar la optimización de la generación o transmisión basada en la red, aún no se encuentra tan adaptada a las redes de distribución. Se espera en los próximos años que el uso de la respuesta de la demanda por parte de los distribuidores crezca significativamente a medida que aumente la generación distribuida.

El programa de investigación Grid Digital Enabled de Accenture, a través de una investigación con los ejecutivos de servicios públicos, determina que es esperable ver un aumento en los próximos 10 años del uso de la flexibilidad de la demanda del cliente para optimizar la forma de carga de la red de distribución y administrar las restricciones de distribución locales. A medida que esta tendencia continúa, las herramientas de respuesta a la demanda y los incentivos de uso de la demanda, como los esquemas de carga de vehículos eléctricos (EV), se convertirán en una herramienta clave para que los distribuidores de electricidad gestionen la carga máxima y mantengan la fiabilidad del suministro. El modelo de Accenture indica que las soluciones de demanda-respuesta podrían proporcionar cambios significativos en la demanda máxima a través de programas que incentivan la acción en muy pocas horas por mes.

Las reducciones específicas en la carga máxima podrían ahorrarle a una empresa de servicios públicos millones de dólares en costos de refuerzo diferidos. Las redes modernas requieren un conocimiento experto de la topología de red y conexiones entre dispositivos y medidores, de esta forma, las señales de control pueden ser localizadas en la ubicación específica donde ocurren. Un desafío de esta situación es una red con alta penetración de estaciones de carga de vehículos eléctricos, donde los consumidores cargan sus baterías en las horas pico. En consumo de carga de un vehículo es equivalente a un hogar. Por lo que si en una zona contamos con 10000 hogares y 2000 de ellos poseen vehículos, esto se corresponde con un 20 por ciento de aumento. Para abordar este problema se vuelven necesarias acciones de carga inteligente donde se apliquen ciclos de cargas que acompañen la situación de la red automatizando la carga en los valles. (Accenture, 2017)

Smart Grid permite ofrecer a los clientes una diversidad de propuestas segmentadas de acuerdo a sus necesidades de respuesta a la demanda para lograr objetivos específicos. Estos programas pueden ir desde

los tradicionales programas de rebaja en los que los clientes reciben un reembolso en su factura, programas de control de climatización, sistemas interconectados con sensores y métricas. (IBM, 2012)

En la facturación eléctrica tradicional, la mayoría de los costos están asociados a la capacidad de la red en lugar del flujo de energía. Las tarifas en cambio, se basan predominantemente en la demanda de kWh. Algunos mercados internacionales, han presentado un cambio hacia precios basados en la capacidad. Por ejemplo España ha instrumentado los primeros contratos basados en la capacidad programada a nivel de los medidores inteligentes. Este modelo ha presentado un efecto interesante en la curva de demanda de energía controlando los picos de demanda, lo que demuestra que los consumidores están respondiendo a la demanda cambiando sus consumos a horarios fuera del pico. Estos programas representan un motor económico importante, para los proveedores y sus clientes. (Accenture, 2016)

En el desarrollo de la respuesta a la demanda un factor adicional es la implementación del almacenamiento. La presencia de almacenamiento propiedad del consumidor aumenta significativamente el rango potencial de los servicios de optimización de red, siendo este un posible negocio en la distribución. (Accenture, 2016)

Las Redes y Medidores Inteligentes son el pilar fundamental para la gestión de la demanda, entre los beneficios se destacan:

- Permite a los clientes realizar un seguimiento del uso en tiempo real así como categorizarlo por mes, día u hora.
- Permite a los clientes recibir notificaciones a su teléfono cuando el consumo es elevado o está por subir el costo de la energía. Esto sucede al crecer la demanda o ante escasez de oferta).
- Permite a los clientes crear un plan de gastos y conocer sobre los precios dinámicos para realizar un consumo inteligente.
- Permiten a la compañía eléctrica predecir cortes y resolverlos antes del incidente, previniendo así discontinuidades en el servicio.
- Las redes inteligentes permiten transformar la forma en que almacenamos y utilizamos energía.
- A futuro, los medidores inteligentes combinados a casas inteligentes permiten automatizar el consumo energético del hogar. Compartiendo la información en tiempo real con la empresa eléctrica se pueden accionar los dispositivos en tiempo real y responder a las condiciones de la red. Controlando cuando y como los electrodomésticos consumen energía desde la distancia.¹²

Las oportunidades que brindan las redes inteligentes acompañan el camino de transformación necesario para el cambio, transformación hacia una red optimizada, descentralizada y dinámica, donde se busca maximizar la eficiencia a través de distintas estrategias, nuevos modelos de negocios y disminución de costos. En este camino se deberán afrontar distintos desafíos como la adaptación a nuevas fuentes distribuidas de generación, así como consumo, un rol más activo de los consumidores y una mayor integración de la cadena de valor. (Rodríguez Molina, 2014)

2.3.3 Planes país Uruguay y motivación de incursionar en propuestas innovadoras

La Dirección de Planificación de OPP trabaja en la construcción de la Estrategia Nacional de Desarrollo, Uruguay 2050, a fin de establecer las bases para que Uruguay se encamine hacia un desarrollo sostenible. (Oficina de Planeamiento y Presupuesto - Presidencia de la República Oriental del Uruguay, 2015)

¹² <http://www.whatissmartgrid.org/smart-grid-101/consumer-benefits> (visitado por última vez el 17/11/2019)

En este sentido, el proceso de elaboración de la Estrategia es una apuesta a reflexionar sobre el Uruguay del futuro, generar una visión consensuada del país que queremos y definir las líneas estratégicas para alcanzarlo siendo cinco las dimensiones priorizadas para su construcción:

1. el cambio demográfico y sus consecuencias sociales y económicas;
2. la transformación de la matriz productiva,
3. el desarrollo cultural,
4. los sistemas de género y
5. el desarrollo territorial.

La directora nacional de Energía, Ing. Agr. Olga Otegui, encabezó la delegación uruguaya que participó en las reuniones previstas en el XVI Consejo de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA por su sigla en inglés), realizada en noviembre de 2018 en la ciudad de Abu Dhabi, Emiratos Árabes y como repaso de los avances de Uruguay en temas energéticos, destacó que:

- En el año 2017 el 98% de la energía eléctrica uruguaya proviene de energía renovable y se alcanzó un 63 % de la matriz primaria de abastecimiento con energías renovables.
- Uruguay está trabajando en la transformación de energía eléctrica en otros usos (Power to X) que incluye.
- Uruguay está trabajando en el desarrollo de la industria del hidrógeno, utilizando inicialmente el excedente energético, ya que se puede acceder a bajos precios de energía eléctrica.
- el hidrógeno es utilizado como un paso intermedio en Power to X (Power to H2 to X), ya que puede desempeñar diferentes roles en la transición energética, permitiendo descarbonizar los usos finales de la energía.
- Los vehículos eléctricos toman un importante rol por el prometedor uso eficiente de las redes, en función de las señales tarifarias, además de contribuir a la disminución en la participación de combustibles fósiles en la matriz de abastecimiento de energía.¹³

El estudio “Presente y futuro de las energías renovables en Uruguay” presenta los principales lineamientos a seguir en los próximos años en materia de matriz energética. El mismo fue realizado en conjunto por UTE, la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP) y del Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM):

- A nivel internacional, la proporción de energías renovables en la oferta energética en el 2015 se estima se encontraba cercana al 15% y que en el 2050 se llegaría a dos tercios del total, según datos de la IRENA.
- A nivel mundial se presenta un consenso de esta transición hacia las energías renovables y un uso más eficiente de la energía, transformándose en un gran colaborador para mitigar los efectos del cambio climático. Se estima que estas medidas aportarán el 90% de la disminución de las emisiones de carbono (CO₂). (Oficina de Planeamiento y Presupuesto - Presidencia de la República Oriental del Uruguay, 2019)

IRENA estima un aumento de 1,24 millones a 965 millones de vehículos eléctricos en el mundo entre 2015 y 2050. Se estima también que la estructura del consumo de energía disminuiría de 96 % de fuentes no renovables al 42 %. (Oficina de Planeamiento y Presupuesto - Presidencia de la República Oriental del Uruguay, 2019)

¹³ MIEM, Uruguay presidió la asamblea de IRENA y presentó herramientas de última tecnología en energía. Disponible en: <https://www.miem.gub.uy/noticias/uruguay-presidio-la-asamblea-de-irena-y-presento-herramientas-de-ultima-tecnologia-en> (visitado por última vez el 17/11/2019)

Pedro Bordaberry presentó en 2017 un proyecto de ley mediante el que se propone prohibir la comercialización de vehículos con motores a combustión en el territorio nacional, a partir del 1° de enero de 2030.¹⁴ De realizarse esta u otra iniciativa similar se tendría que contar con un plan de renovación de flota a escala Nacional.

La oferta y demanda de energía presenta también aspectos interesantes a tomar en cuenta. Del lado de la generación, cada día es más caro el combustible utilizado en las plantas tradicionales, lo mismo que la propia construcción de las centrales.¹⁵ Del lado de la demanda está el problema que se produce durante los picos de carga, que obligan a activar plantas especiales (de bajo rendimiento) para poder suministrar esas necesidades de energía. Todo ello está haciendo que se piense en un nuevo concepto de red eléctrica, las anteriormente explicadas redes inteligentes (Smart Grids). En pocas palabras, la red eléctrica inteligente es la aplicación de las Comunicaciones y Tecnología de la Información a la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica. Smart Grids implica, entre otras cuestiones, la sustitución de los medidores mecánicos analógicos por digitales. El manejo de la información en tiempo real, la banda ancha y el internet puestos al servicio de la red inteligente a cada dispositivo conectado a la red.

¹⁴ <https://legislativo.parlamento.gub.uy/temporales/8471655.PDF> (visitado por última vez el 17/11/2019)

¹⁵ <https://findesemana.ladiaria.com.uy/articulo/2017/5/el-fenomenal-impulso-de-la-energia-eolica-en-uruguay-ahora-requiere-del-usuario/> (visitado por última vez el 17/11/2019)

3 ALTERNATIVAS DE ANÁLISIS Y SELECCIÓN

3.1 ALTERNATIVAS

Con el fin de presentar una propuesta de negocio con impacto en el desarrollo económico y sostenible del país, nos planteamos analizar cuatro alternativas diferentes para un uso más inteligente y eficiente de la energía y una mejor explotación del excedente. Estas alternativas son elegidas por su avanzado desarrollo internacional y su positiva colaboración con la eficiencia energética. Algunas de ellas logran un mejor aprovechamiento energético como por ejemplo contribuyendo al balance de oferta y demanda.

Como primera alternativa presentamos la movilidad eléctrica (ciudades inteligentes) por el alto impacto en la disminución de la huella de carbono. Las ciudades inteligentes son el resultado de la necesidad cada vez más imperiosa de orientar nuestra vida hacia la sostenibilidad. Así, estas ciudades se sirven de infraestructuras, innovación y tecnología para disminuir el consumo energético y reducir las emisiones de CO₂ (dióxido de carbono). Destacamos entre las medidas más relevantes para mejorar la eficiencia y sostenibilidad, la movilidad eléctrica (transporte público, bicicletas, transporte para entregas y fletes, entre otra), iluminación inteligente, paneles solares para semáforos y señalizaciones, seguridad inteligente, entre otros.

Como segunda alternativa, presentamos el acondicionamiento térmico (hogares inteligentes) con el principal objetivo sistematizar y gestionar desde aplicaciones el consumo, con el fin de mejorar la seguridad, el confort y la gestión energética.

En la tercera alternativa presentamos el almacenamiento de energía en banco de baterías en vista de contribuir a la descongestión de las líneas eléctricas, como también al almacenamiento de energía excedentaria.

En la cuarta y última alternativa presentamos el almacenamiento de energía a través de la producción de hidrógeno utilizando energía excedente y la utilización de hidrogeno como combustible.

3.1.1 Movilidad Eléctrica (ciudades inteligentes)

Las tendencias en la industria tienen en su mayoría un denominador común: ser ecológicas. La creciente conciencia acerca de salvar al planeta de diversas amenazas ambientales ha hecho que incluso las industrias más grandes tomen nota y tomen una postura para que puedan contribuir a la iniciativa en lugar de empeorar las cosas. La industria automotriz ha recibido muchas críticas en las últimas décadas por ser uno de los principales contribuyentes a la degradación ambiental, particularmente en la contaminación del aire. Hemos estado viendo los esfuerzos de los fabricantes de automóviles para tratar de resolver este problema, y uno de sus movimientos es producir vehículos más amigables con el medio ambiente. Se considera que los automóviles eléctricos son una de las mejores soluciones, y esto estimula la introducción de nuevas tecnologías como la movilidad eléctrica. (Cleverism Magazine, 2015)

La movilidad eléctrica no es un concepto totalmente nuevo y abarca vehículos totalmente eléctricos, híbridos y vehículos que utilizan como combustible el hidrógeno. El objetivo principal de la movilidad eléctrica es producir vehículos más amigables con el medio ambiente y más eficientes que también cumplan con los nuevos requisitos reglamentarios establecidos por los gobiernos y otros organismos internacionales.

Los vehículos eléctricos han avanzado mucho en los últimos años, desde mediados del siglo XIX, las empresas automotrices han estado trabajando arduamente en el diseño de un automóvil eléctrico, al que llamaron el automóvil del futuro. A lo largo de los años se presentaron más fallos que éxitos, y un momento en que la idea de un automóvil eléctrico se dejó de lado en favor de otros vehículos más fáciles de producir. Posteriormente, en el siglo XX se presentaron eventos que repetidamente llevaron a la idea de los automóviles eléctricos a la vanguardia una vez más. La crisis del petróleo definitivamente incitó a muchos fabricantes de autos a buscar alternativas más disponibles, más baratas y mejores, y la electricidad fue una de ellas. (Cleverism Magazine, 2015)

La historia de la movilidad eléctrica comenzó con la idea de los autos eléctricos. Sin embargo, a través de los años, ha sufrido varios cambios claves, y el término ahora incluye no solo los automóviles eléctricos, sino también otros modos de transporte que implican la utilización de la electricidad. Ahora, la movilidad eléctrica ha llegado a referirse al transporte eléctrico limpio, eficiente y respetuoso con el medio ambiente. (Cleverism Magazine, 2015)

Pero la evolución no depende solamente de los fabricantes, en este segmento, los actores activos son los organismos que establecen objetivos, los gobiernos y otras organizaciones que determinan regulaciones y subsidios que afectan la movilidad eléctrica. Mientras haya regulaciones y subsidios en aumento, el atractivo económico de la movilidad eléctrica seguirá siendo alto. En algunos países, se otorgan incentivos fiscales y subsidios para atraer el interés de los compradores de automóviles eléctricos y, eventualmente, aumentar sus ventas. Los subsidios no necesitan estar solo en forma monetaria. En Oslo, Noruega, y en algunas partes de la legislación de EE. UU., se establecieron carriles de carretera específicos como reservados para el uso de vehículos eléctricos. Al tomar esta ruta, los pasajeros pueden reducir su tiempo de viaje hasta una hora. También hay plazas de aparcamiento gratuitas específicamente diseñadas para vehículos eléctricos. Estas son incentivos atractivos para los propietarios de vehículos potenciales a optar por vehículos eléctricos en su lugar. (Cleverism Magazine, 2015)

Uruguay continúa marcando tendencia en América Latina por sus esfuerzos en mejora continua de la eficiencia energética, en UTE la introducción de medios de transporte eléctrico, con destino público, comenzó en el año 2014 con la llegada de los primeros cuatro taxis eléctricos y hoy se cuenta con 54 unidades operando en Montevideo. Desde 2016 se han incorporado también ómnibus con esta tecnología. Según un estudio realizado por UTE cada vehículo eléctrico de su flota permite ahorrar al menos un 74% de la energía, siendo el ahorro económico de hasta ocho veces menor.¹⁶

En febrero de 2019 se presentó el proyecto elaborado por el MIEM y Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), y el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). Este proyecto permite subsidiar el diferencial de costo de 100 vehículos. Según un relevamiento realizado por el MIEM en Montevideo, las unidades tienen un costo cercano a los 450.000 dólares, costo que podría ser recuperado en un periodo menor a siete años siendo la vida útil de estos vehículos estimada en 14 años.¹⁷

En el 2019 el MIEM presentó también el proyecto MOVÉS convocando a empresas interesadas en rentar triciclos y bicicletas eléctricas de pedaleo asistido para reparto. Este proyecto busca incentivar el uso de un medio de transporte eficiente, sostenible y más seguro. Este rubro realiza un uso intensivo de combustible por lo que su transición a tecnología eléctrica puede derivar en grandes beneficios económicos y medio

¹⁶ <https://portal.ute.com.uy/noticias/flota-de-ute-vehiculos-electricos-rinden-cuatro-veces-mas> (visitado por última vez el 17/11/2019)

¹⁷ <https://www.miem.gub.uy/noticias/poder-ejecutivo-presento-proyecto-para-subsidiar-100-omnibus-electricos-para-pasajeros> (visitado por última vez el 17/11/2019)

ambientales (reducción de emisiones de carbono y ruidos en la ciudad) así como una mayor utilización de la energía provista por UTE.¹⁸

Al analizar los beneficios que acompañan la movilidad eléctrica podemos destacar que los esfuerzos en esta dirección aportan grandes beneficios desde un punto de vista ambiental, consumo energético y económico. Como vimos en capítulos anteriores, los hidrocarburos han estado causando daños al medio ambiente durante un largo período. La movilidad eléctrica es un gran aliado para reducir este aporte debido a su funcionamiento sin carbono siendo la electricidad una de las alternativas más limpias.

El mercado del petróleo ha demostrado una alta volatilidad a lo largo de los años¹⁹, el elevado precio así como los drásticos aumentos cobran un importante impacto en los países consumidores como Uruguay. Es por esto que destacamos un beneficio en la movilidad eléctrica por el aumento de la eficiencia y reducción de costos operativos.

Los gobiernos nacionales alrededor del mundo están de acuerdo en que las emisiones de carbono constituyen una gran parte del problema de la contaminación global. Los países y las organizaciones internacionales establecen regulaciones para minimizar y eliminar las emisiones de carbono. Casos como el de Uruguay que incentiva los vehículos eléctricos o legislaciones como la española que prohíbe la utilización de vehículos a combustión a partir de 2030.

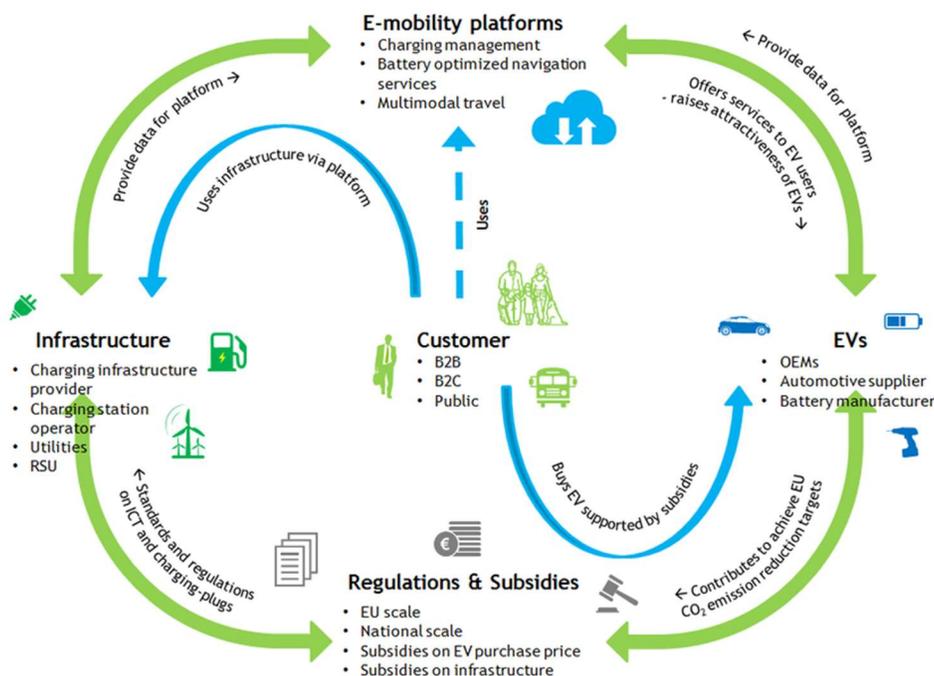


Figura 3.1; El ecosistema de movilidad eléctrica (Ziegelmayr, 2016)

Podemos distinguir cuatro segmentos bien definidos en el ecosistema de la movilidad eléctrica, ellos son: vehículos eléctricos, infraestructura, consumidores, proveedores y regulación. Cada uno de estos

¹⁸ <https://www.miem.gub.uy/energia/proyecto-moves-movilidad-urbana-eficiente-y-sostenible> (visitado por última vez el 17/11/2019)

¹⁹ <https://www.energia16.com/la-volatilidad-del-petroleo-transforma-el-mercado-global-2/> (visitado por última vez el 17/11/2019)

contribuye al sistema conjunto y sus intereses particulares siendo el factor común para el éxito un modelo de negocios rentable. (Ziegelmayer, 2016)

El segmento de vehículos eléctricos refiere principalmente a la producción de nuevos componentes de movilidad eléctrica, la comercialización continua de los vehículos, junto con el mantenimiento y otros servicios de valor agregado. Por lo tanto, la provisión de vehículos eléctricos involucra sub-segmentos tales como ventas y mercadeo, manufactura, financiamiento, mantenimiento y otros servicios.

Los vehículos eléctricos tienen que recurrir a la infraestructura para trabajar, y los componentes de este segmento incluyen estaciones de carga, mantenimiento, servicios de valor agregado, facturación, generación de energía, distribución y almacenamiento de energía. (Cleverism Magazine, 2015)

Los consumidores son fundamentales ya que sin ellos es imposible tener éxito en el mercado. Estos deben ser conquistados por los proveedores y favorecidos por las políticas y regulaciones para iniciarlos en el cambio.

Este foco de atención se centra en los diseñadores de tecnologías de movilidad eléctrica y en los fabricantes de vehículos eléctricos que utilizan esas tecnologías.. Así como también se refiere a aquellos que proporcionan vehículos a flotas de autos compartidos, así como a operaciones de alquiler de automóviles.

La formación de alianzas estratégicas y el establecimiento de una red son puntos que los proveedores de movilidad eléctrica deben preocuparse. Trabajar con negocios relacionados con automóviles, como compartir y alquilar vehículos, es definitivamente una buena idea. Los proveedores de servicios de movilidad eléctrica también deben considerar la integración de sus ofertas de movilidad para que sus ofertas sean más atractivas para los clientes. (Cleverism Magazine, 2015)

Desafíos principales:

Si bien la movilidad eléctrica está ganando mucho terreno, no está exenta de desafíos. Según los analistas, los coches eléctricos y otros vehículos no son baratos y los altos costos limitan su público objetivo. Sumado a esto podemos destacar la variación en el rendimiento de las baterías. Estos son dos factores fundamentales que alejan a los consumidores más escépticos. Sumado a esto, la movilidad eléctrica requiere una alta inversión y una colaboración entre los distintos actores. No es suficiente con la fabricación de vehículos, ya que también existe una alta inversión en infraestructura, y una necesidad de colaboración entre entidades y gobiernos para alcanzar los objetivos. (Cleverism Magazine, 2015)

Factores claves:

El camino hacia la movilidad eléctrica total a escala global es todavía largo pero no imposible. Para alcanzar el éxito, las colaboraciones y alianzas jugarán un papel importante, no se podrá alcanzar el éxito como una propuesta de valor independiente. Los distintos actores del ecosistema deben estar alineados y trabajar estrechamente con un objetivo común. Ya sean los gobiernos, fabricantes, empresas de transporte y compañías eléctricas. (Cleverism Magazine, 2015)

3.1.2 Acondicionamiento térmico (hogares inteligentes)

Si hablamos de un uso más inteligente de la energía (hogares inteligentes), en búsqueda de la eficiencia energética como también el aprovechamiento beneficioso del excedente podemos hablar por ejemplo del

acondicionamiento térmico, a través de los equipos de aire acondicionado eficientes y actualmente inteligentes (Smart).²⁰

En el verano del 2019, se produjo el pico energético de demanda histórico y otra particularidad más importante aún es que se dio que ese pico se produjo en verano cuando históricamente se producía en invierno. Los números indican que es probable que esto haya sucedido por el incremento de la instalación de aires acondicionados.

Se destaca que el aire acondicionado es el instrumento más eficaz y más barato para soportar el frío invernal. La estufa a leña, a gas y las eléctricas son los elementos más tradicionales para calefacción de hogares, pero no los más eficientes.

La consultora SEG ingeniería elaboro un comparativo de 13 opciones y las ordeno según lo que cuesta mensualmente calefaccionar un espacio de 15 metros cuadrados durante seis horas diarias, Para ello considero un consumo de energía de 270 kilovatios/hora (kWh) por mes a valores de junio 2019.²¹

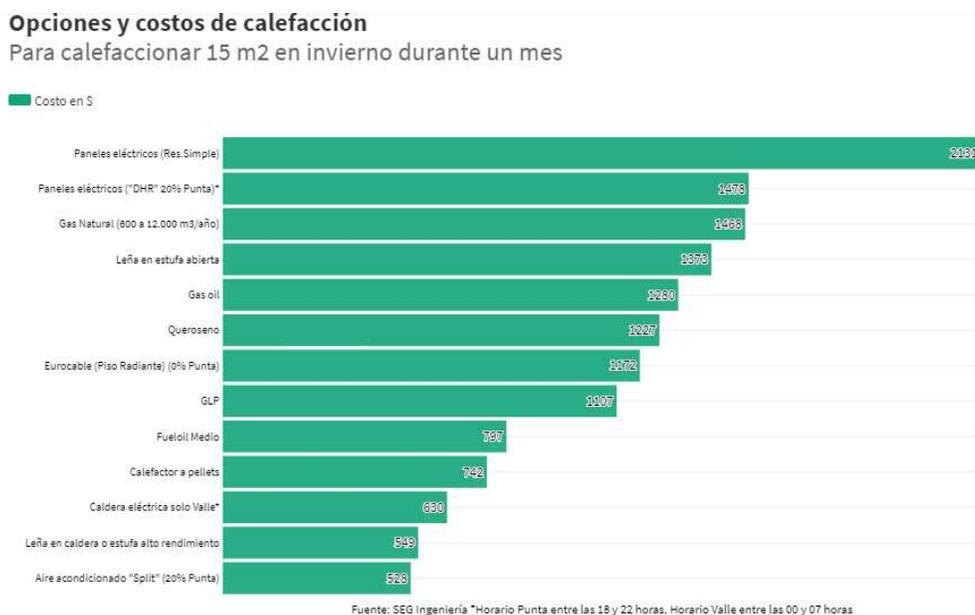


Figura 3.2: Costos de calefacción²²

La tabla siguiente (Figura 3.3) muestra el costo variable por unidad de calor entregado y el costo mensual estimado de calefaccionar una habitación de 15 m² para trece tipos distintos de equipamientos de calefacción. Se destaca que esta comparativa, sólo toma en cuenta el costo, pero no considera otros factores como el confort, la emisión o no de gases dentro del ambiente, entre otras consideraciones.

En la tabla del anexo 9.3, se puede visualizar que los equipos de aire acondicionado del tipo "Split" constituyen la opción más económica para calefaccionar. En segundo lugar aparecen las estufas a leña de alto rendimiento o calderas cerradas, con un rendimiento estimado del 75% y un costo mensual de \$529. Estas estufas son 2,5 veces más económicas que las estufas abiertas tradicionales, que poseen un rendimiento del 30% y un costo mensual de \$1.323. En sexto lugar encontramos a las estufas a supergas,

²⁰ <https://www.infocasas.com.uy/blog/la-calefaccion-mas-barata-y-otras-formas-de-cuidar-la-energia-en-el-hogar> (visitado por última vez el 17/11/2019)

²¹ <https://www.elobservador.com.uy/nota/-cuales-son-las-opciones-mas-eficientes-para-calefaccionar-el-hogar--201972141456> (visitado por última vez el 17/11/2019)

que arrojan un rendimiento del 90% y un costo mensual de \$1.027, aproximadamente el doble que el costo de los equipos de aire acondicionado. Los sistemas más costosos son los que utilizan electricidad convirtiéndola en calor a través de simples resistencias eléctricas, como pueden ser los caloventiladores, las estufas a cuarzo o paneles eléctricos.²² A continuación realizamos un comparativo de las ventajas y desventajas de las alternativas:

Aire acondicionado	
Ventajas	Más eficiente y mayor rendimiento, más limpio, no genera humedad, no tiene riesgo de incendio, vida útil de 7 a 8 años (dependiendo del uso y del mantenimiento que se le haga), económico, consumir cuando hay excedentes y poca demanda de energía, para el poder calorífico que absorbe o libera ocupa muy poco espacio, tiene capacidad de circulación de aire, tiene la mayor capacidad de acondicionar con mayor rapidez el ambiente hasta llegar a la temperatura deseada, posibilidad de modo de deshumificador, modo refrigeración. Los splits presentan un rendimiento de 280%, porque toman aire del exterior para liberarlo en el interior, factor clave para su eficacia, en cambio los paneles eléctricos, irradian en calor la misma cantidad de energía que utilizan.
Desventajas	Dependencia de la energía, no es trasladable, necesidad de tener un sistema de desahogue, instalación más compleja.
Estufa a gas (GLP ²³)	
Ventajas	Económico, tradicional, de fácil adquisición, no dependencia de la energía, facilidad de traslado.
Desventajas	Menos eficiente, libera humedad en el ambiente, impráctica la compra de la garrafa, problemas de stock, consumen el oxígeno en la combustión, no se puede regular la temperatura dentro de una habitación, riesgo de incendio, menos estético, menos práctico, es riesgoso para los niños, riesgo de pérdida de gas, falla de la llama.
Estufa a leña	
Ventajas	Menos eficiente por el costo de la leña, es familiar, estética, tradicional.
Desventajas	Ocupa lugar, impráctico la carga de leña, absorbe oxígeno del ambiente, el tiempo que tarda en calefaccionar la temperatura deseada, compleja instalación, requiere mantenimiento diario de limpieza de cenizas, la quema de leña contamina el aire. ²⁴

Tabla 3.1: Ventajas y desventajas de las alternativas de calefacción (elaboración propia)

²² <http://www.segingeneria.com/admin/uploaded/indicadores/ie201807.pdf> (visitado por última vez el 17/11/2019)

²³ El gas licuado del petróleo (GLP) es la mezcla de gases licuados presentes en el gas natural o disuelto en petróleo. En la práctica, se puede decir que el GLP es una mezcla de propano y butano.

²⁴ <https://www.elpais.com.uy/informacion/servicios/quema-leña-contamina-aire.html> (visitado por última vez el 17/11/2019)

La alternativa del aire acondicionado, presenta mayores costos de inversión, los acondicionadores split de aire han disminuido su precio y presentan mayor éxito en la ecuación costo-rendimiento. Hoy en día un equipo On Off de 9.000 BTU cuesta entre US\$ 250 y US\$ 300 para un ambiente de 15 m². Según Ernesto Elenter, gerente de SEG Ingeniería, en un invierno y medio se recupera la inversión.^{25 26}

Actualmente, hay dos tecnologías diferentes de equipos de aires, los equipos tradicionales de velocidad fija (On Off) y los equipos de alta eficiencia, que pueden gastar hasta 40% menos que los estándares y tienen un valor entre US\$ 450 y US\$ 600 de 9.000 BTU.^{27 28}

Hasta hace unos años todas las unidades de aire acondicionado eran On Off, al momento de encender el aire acondicionado su funcionamiento va de 0% a 100% hasta la temperatura fijada con un pico de arranque de 5 a 6 veces del consumo nominal. Cuando alcanza a la temperatura deseada, el compresor se apaga. Una vez que la temperatura del ambiente interior baja un grado de la temperatura, se repite el mismo proceso del inicio. Se destaca que los picos de arranque del equipo On Off los tiene que soportar la red.

Actualmente, se incorporaron al mercado las unidades inverter²⁹ las cuales al momento del encendido comienzan de 0% progresivamente hasta llegar a la temperatura fijada inicialmente con una potencia máxima del 140%. Resulta más eficiente que el On Off debido a que su capacidad de regular la velocidad del compresor hace que el equipo funcione a bajas revoluciones manteniendo la temperatura deseada, por lo que tiene mayor confort y menor ruido por trabajar a menor velocidad. Gracias a la electrónica que tienen los equipos inverter, son capaces de funcionar siempre en las condiciones óptimas adaptándose al ambiente en el que se encuentra.³⁰ En el anexo 9.3 se presenta una tabla comparativa entre las unidades inverter y on off.

En el gráfico siguiente podemos observar como una menor fluctuación en la temperatura ambiente mejora en gran medida la sensación de bienestar y el confort. Las unidades inverter consiguen llegar a la temperatura de consigna más rápido que los equipos on off, aparte de esto al poder regular su potencia frigorífica son capaces de mantener la temperatura ambiente de una forma mucho más precisa que los on off ya que van reduciendo su potencia paulatinamente mientras van alcanzando la temperatura deseada, consiguiendo mantener esta temperatura.

²⁵ https://articulo.mercadolibre.com.uy/MLU-463242904-aire-acondicionado-onoff-9000-btu-_JM#position=6&type=item&tracking_id=687800eb-3438-4e38-8b05-17cb4fc5351f (visitado por última vez el 17/11/2019)

²⁶ <https://www.elobservador.com.uy/nota/-que-es-lo-mas-barato-para-calefacionar-tu-hogar--20135162200> (visitado por última vez el 17/11/2019)

²⁷ <https://www.barracaeuropa.com.uy/Categories/10077> (visitado por última vez el 17/11/2019)

²⁸ https://articulo.mercadolibre.com.uy/MLU-445226974-aire-acondicionado-james-inverter-12000-btu-mi-casa-_JM#position=1&type=item&tracking_id=9497a726-d219-4c3c-9644-479d9c523201 (visitado por última vez el 17/11/2019)

²⁹ Inverter es una tecnología electrónica que, aplicada a Calefacción & Aire Acondicionado, mejora de forma notable su rendimiento y consumo.

³⁰ http://www.aire-acondicionado.com.es/aire_acondicionado_inverter/ (visitado por última vez el 17/11/2019)

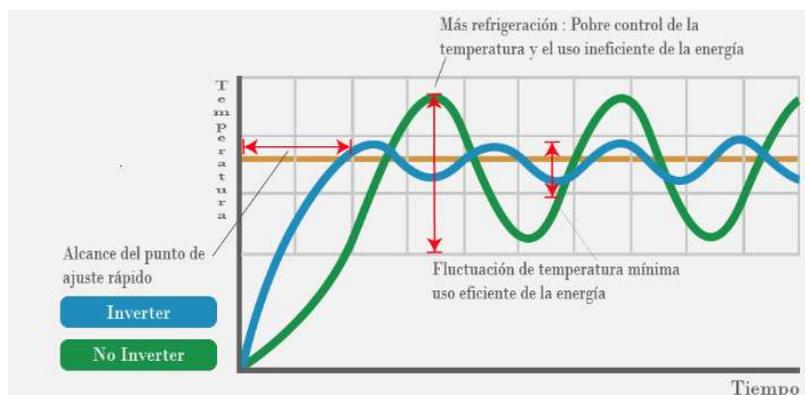


Figura 3.3: Fluctuaciones de temperatura en aires acondicionados ³⁰

Recientemente se incorporó el aire acondicionado invertir con wifi, controlando la climatización de tu hogar a través de un celular Smartphone. En España, cada vez es más frecuente la búsqueda de equipos de aire acondicionado con wifi o adaptadores wifi para los equipos actuales. ³¹ Los equipos de aire con wifi incorporado tienen un valor medio entre US\$ 700 y 800 US\$ ³²

Como ventaja, los equipos de aire acondicionado con wifi ofrecen la posibilidad de: regular, encender y apagar, controlar la climatización del hogar, menor consumo energético, mayor confort y programación semanal. ³³

3.1.3 Almacenamiento de energía en bancos de baterías

Según un análisis prospectivo de energías renovables en Uruguay, las tecnologías identificadas para el mediano plazo van en la línea de incorporar energías renovables no gestionables, apuntando a desarrollar almacenamiento en baterías, centrales de bombeo y turbinado, y gestión de la demanda activa, ofreciendo a los clientes información en tiempo real del precio de la energía. (Oficina de Planeamiento y Presupuesto - Presidencia de la República Oriental del Uruguay, 2019)

Si bien almacenar energía en baterías actualmente se encuentra en fase experimental y las baterías de gran escala son aún prototipos con altos costos, podrían representar una solución de almacenamiento en el mediano y largo plazo. Asimismo, esta tecnología se encuentra muy alineada con el desarrollo del mercado del vehículo eléctrico, ya que baterías con 8 a 10 años de uso que no sean útiles para vehículos, resultan apropiadas para emplearlas en centrales de almacenamiento de energía eléctrica. (Oficina de Planeamiento y Presupuesto - Presidencia de la República Oriental del Uruguay, 2019)

La generación fotovoltaica y la eólica se complementan muy bien con las baterías de almacenamiento, brindándole al sistema eléctrico energía almacenada en baterías que no se necesitó consumir.

³¹ <https://tuclimatizaciononline.es/blog/para-que-sirve-aire-acondicionado-con-wifi-ventajas-y-modelos/> (visitado por última vez el 17/11/2019)

³² https://www.tiendainglesa.com.uy/Aire_acondicionado_futura_12000_btu_inverter_wifi.producto?336563 (visitado por última vez el 17/11/2019)

³³ <https://tuclimatizaciononline.es/blog/controla-la-climatizacion-de-tu-hogar-desde-el-movil/> (visitado por última vez el 17/11/2019)

Esta deficiencia (que la generación no pueda acompañar el consumo por su característica particular) es especialmente grave en los países en desarrollo, donde la energía eólica y solar presenta un gran potencial y la demanda de energía va en aumento.³⁴

Con un nuevo programa del Grupo Banco Mundial (GBM) se busca resolver esta deficiencia. La aceleración del Almacenamiento de Energía en Baterías como Instrumento de Desarrollo es un nuevo programa de alcance mundial, el primero en su tipo, destinado a acelerar el uso del almacenamiento de energía en baterías en los sistemas de energía eléctrica de países en desarrollo y de ingreso mediano. Se espera que este programa ayude a los países a ampliar la utilización de la energía renovable, incrementar la estabilidad de la red y pasar directamente a una nueva era de tecnología energética.

El GBM comprometerá USD 1000 millones en financiamiento para el programa, a través de canales como el fondo de tecnología limpia del Fondos de Inversión Climática (CTF por sus siglas en inglés). También tiene previsto obtener USD 1000 millones en fondos para el clima en condiciones concesionarias y movilizar al menos otros USD 3000 millones de los sectores público y privado. El objetivo es llegar a financiar 17,5 gigavatios por hora (GWh) de almacenamiento de energía en baterías para 2025, es decir, más del triple de los 4 GWh a 5 GWh instalados actualmente en todos los países en desarrollo.

“Para aprovechar al máximo la energía solar y eólica, necesitamos contar con almacenamiento en baterías asequible y de gran escala. Nuestro objetivo es promover nuevos mercados que ayudarán reducir los costos y hacer de las baterías una solución de almacenamiento viable para los países en desarrollo.”

Alexander Hirnet, director técnico de Varta Storage Alemania, está convencido del uso del almacenamiento y menciona que: “Los acumuladores de energía y sus diversos campos de aplicación favorecen el desarrollo de modelos de negocios innovadores. Por ejemplo, los proveedores de soluciones basadas en las nuevas energías combinan plantas de cogeneración e instalaciones fotovoltaicas con sistemas de acumuladores descentralizados para suministrar a los clientes energías renovables. En otros casos, hogares con sus propios sistemas de generación de energía alimentan el exceso de energía en una cuenta para recuperarla según sea necesario. Y también hay ideas de negocios interesantes basadas en operadores que conectan digitalmente unidades de almacenamiento de baterías individuales para crear sistemas de almacenamiento descentralizados a gran escala”.³⁵

Las baterías de litio presentan una mayor capacidad de almacenamiento energético en dispositivos de menor tamaño, también presentan menor calentamiento y mayor eficiencia durante la carga y descarga y pueden realizar carga y descarga en tiempos de 3 o 4 horas a altas intensidades sin sufrir deterioro. Las baterías de iones de litio también permiten cuadruplicar la vida útil frente a otras alternativas tradicionales. A su vez, se debe destacar su colaboración con el medioambiente al no contener metales pesados ni contaminantes, no es necesario tratamiento de residuos tóxicos ni desprenden gases durante su uso y no requieren mantenimiento. Como desventaja podemos destacar el mayor costo de almacenamiento por kV/hora respecto a otras tecnologías lo cual puede compensarse con su mayor vida útil.³⁶

En 2015, el fabricante de automóviles Tesla anunció el lanzamiento de su producto de batería doméstica, el Tesla Powerwall. En el pasado, Tesla Motors ha sido elogiada por fabricar vehículos eléctricos de alta

³⁴ <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2018/09/26/powering-new-markets-for-battery-storage> (visitado por última vez el 17/11/2019)

³⁵ <https://www.energias-renovables.com/almacenamiento/fotovoltaica-con-almacenamiento-como-ganar-533-euros-20190212> (visitado por última vez el 17/11/2019)

³⁶ <https://www.mecalux.com.uy/articulos-de-logistica/baterias-y-supercondensadores-en-sistemas-manutencion> (visitado por última vez el 17/11/2019)

calidad, así como por su capacidad para re imaginar y cambiar el nombre de las tecnologías existentes. De hecho, mientras los automóviles de Tesla revitalizaron el mercado de vehículos eléctricos del siglo XXI, los primeros automóviles eléctricos se inventaron hace más de cien años. Tesla describe el Powerwall como una "batería recargable de iones de litio con control térmico líquido". Es una de las pocas compañías en el mercado de almacenamiento de energía residencial que fábrica baterías a pequeña escala para el almacenamiento de energía en el hogar, la primera generación se lanzó en abril de 2015. Estas baterías son una combinación ideal para sistemas de paneles solares, especialmente en el caso de proyectos fuera de la red donde los propietarios necesitan o desean ser completamente independientes de su utilidad. Una solución de almacenamiento solar como el Tesla Powerwall le permite mantener una fuente de alimentación sostenida durante el día o la noche.³⁷

Al igual que con otros productos de almacenamiento de energía, el paquete de baterías Tesla está dimensionado para el uso diario en su hogar, y generalmente se combina con un sistema de panel solar doméstico. Cuando sus paneles solares producen más electricidad de la que puede usar en su hogar, el exceso se almacena en la batería en lugar de enviarse nuevamente a la red eléctrica. Más tarde, cuando sus paneles no estén produciendo suficiente electricidad, puede usar la electricidad almacenada en su Powerwall en lugar de tener que comprarla a su empresa de servicios públicos. Normalmente, este proceso ocurre en el transcurso de un día: cuando el sol está alto en el cielo y sus paneles solares producen más electricidad de la que puede usar, la energía excedente se almacena en su batería Tesla. A medida que se pone el sol y disminuye la producción de los paneles solares, se aprovecha la electricidad almacenada durante la parte más soleada del día. Esencialmente, el Powerwall lo ayuda a equilibrar su producción y uso de electricidad a lo largo del día. El costo de una batería individual asciende a 7.600 dólares.³⁷

Las creaciones de Tesla no se limitan al consumo de hogares, en diciembre de 2017, Tesla activó la batería de iones de litio más grande del mundo en Australia en la reserva Hornsdale Power. La batería se alimenta de energía eólica y su función es cubrir los cortes temporales en la red eléctrica australiana logrando activarse en una séptima de segundo siendo la mayor velocidad de respuesta jamás registrada y es capaz de suministrar electricidad a 30.000 hogares durante aproximadamente una hora antes de descargarse. Esta batería está diseñada para cubrir eventos esporádicos en la red y no para un uso prolongado. Las intervenciones de esta batería gigante acompañan a las energías renovables aumentando su nivel de confiabilidad siendo cargadas a un bajo costo durante excedente y siendo utilizadas en cuanto existe una necesidad. "Esto baja el precio medio por hora para el consumidor. Es una mejora fundamental en la eficiencia de la red eléctrica". Como aspecto negativo, es importante considerar que las baterías de iones de litio comienzan la pérdida de carga desde el momento en que son desconectadas de la fuente de energía y la carga puede ser mantenida durante unas semanas.³⁸

"En el marco de una misión comercial organizada por la Embajada de Canadá en Chile, en colaboración con EDC (Agencia de Crédito del Gobierno de Canadá), un grupo de especialistas chilenos visitó el Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ) donde observaron el funcionamiento de un nuevo sistema de baterías de litio destinado a las empresas eléctricas y que actualmente se encuentra conectado a la red. Se trata de la tecnología denominada LiFePO4 desarrollada por la empresa canadiense Hydro-Québec, fabricada por Sony y comercializada por Esstalion (un joint venture entre Hydro-Québec y Sony). El sistema de baterías, que tiene una capacidad de almacenamiento de energía de 1,2 MWh, se instala en un container que mide 16 metros y que contiene 576 módulos, además de un convertidor, un transformador y otros equipos de

³⁷ <https://www.tesla.com/powerwall> (visitado por última vez el 17/11/2019)

³⁸ https://elpais.com/tecnologia/2017/12/28/actualidad/1514479489_170950.html (visitado por última vez el 17/11/2019)

protección. Por estar alojadas en el container, el sistema se puede transportar sin mayores complicaciones según las necesidades de las compañías”.³⁹

Entre los factores clave podemos destacar la duración y costos. A diferencia de la mayoría de las baterías que se ofrecen en el mercado (que duran entre 5 y 10 años), esta tecnología está diseñada para un período de 20 años, explicó Perreault y a pesar de que “su costo inicial es un poco más caro, tiene una mayor duración, por lo que a largo plazo resulta más conveniente. Para el caso de Chile, nuestra intención es dar una garantía de hasta 10 años sobre el producto y asociarnos con empresas chilenas que puedan realizar la mantención”.

Algunas de las ventajas de las baterías destacadas por Esstalion son:

- La seguridad, debido a su composición química.
- La duración de 20 años.
- Se puede usar la capacidad completa de la batería (de 0 a 100%).
- Se puede cargar y descargar rápidamente (en 1 hora o 10 minutos dependiendo del tipo de batería).
- Permite una mayor incorporación de energías renovables como la solar, además de poder usar la energía en horarios pico.
- El 99% de los materiales de la batería se reciclarán al final de su vida útil, lo que propicia una opción sustentable para mitigar el impacto del cambio climático.

3.1.4 Generación de Hidrogeno

El hidrógeno derivado de la electrolisis es quizás el combustible más versátil de los últimos tiempos y se cree que será cada vez más importante. Mediante el mismo se puede almacenar la energía del exceso en forma de hidrogeno, utilizarse como combustible para vehículos y combinado con dióxido de carbono ser utilizado como materia prima en la producción de plásticos.

Como se ha explicado anteriormente, las matrices energéticas con fuerte presencia de fuentes renovables como ser eólicas y solares dependen en gran medida de las variables climáticas y no de la demanda como la generación más tradicional. Esto trae la necesidad de desarrollar sistemas de almacenamiento masivo de energía que sean capaces de almacenar los excesos energéticos para ser utilizados cuando el flujo se invierte.

La electrolisis juega un papel clave en el almacenamiento de exceso de generación. Mediante este proceso el agua se descompone en oxígeno y gas de hidrogeno por medio de una corriente eléctrica, proceso que ocurre a una presión de 200 bares, la densidad de energía del gas de hidrógeno es comparable a la de una batería de iones de litio. De este modo, grandes cantidades de gas podrían almacenarse en las cavernas subterráneas y domos de sal del tipo utilizado por los proveedores de gas natural como reservorios, o en la red de gas natural existente, que puede alojar hasta el cinco por ciento de hidrógeno sin dificultad. En términos matemáticos, este último podría transportar 130 teravatios-hora de energía eléctrica en forma de hidrógeno, lo que representa casi un cuarto del consumo de energía de Alemania por año. (Siemens, 2019)

Cuando es necesario utilizar la energía almacenada, se puede recuperar el gas de hidrogeno almacenado e impulsar un generador eléctrico para producir energía. Siemens está desarrollando turbinas de gas que

³⁹ <http://www.revistaei.cl/2016/09/28/sistema-baterias-canadiense-promete-almacenar-12-mwh-20-anos/#> (visitado por última vez el 17/11/2019)

pueden usar hidrógeno como combustible. Si bien se estima que aproximadamente la mitad de la energía producida por el viento se perdería durante la electrólisis y la combustión subsiguiente en una turbina de gas, se podrán aprovechar excedentes energéticos. (Siemens, 2019)

Por años, investigadores de Siemens Corporate Technology han estado puliendo una tecnología de electrólisis alternativa. En su electrolizador, una membrana de intercambio de protones (PEM por sus siglas en inglés) separa los dos electrodos en los que se forman el oxígeno y el hidrógeno, mientras que la tecnología tradicional realiza una electrolisis alcalina. El electrolizador PEM es capaz de reaccionar en milisegundos y puede manejar fácilmente tres veces su potencia nominal por un tiempo por lo que puede hacer uso del exceso de energía sin ninguna dificultad. Este hidrogeno puede ser integrado a la red eléctrica de gas como medio de almacenamiento y podrá ser utilizado en procesos industriales o suministrar una estación de distribución. En un futuro se podrán desarrollar tecnologías que permitan producir hidrógeno para los vehículos de celdas de combustible en la estación de servicio. (Siemens, 2019)

Se pueden destacar en esta tecnología su versatilidad ya que se puede volver a convertir en electricidad y ser utilizado para impulsar automóviles. De este modo, la energía del hidrógeno podría almacenarse tanto en la infraestructura de distribución de gas existente como también podría usarse para calentar o conducir vehículos a gas. (Siemens, 2019)

Actualmente en Alemania se encuentra operativa una planta capaz de proveer hidrogeno renovable a 2000 vehículos. El equipo instalado por Siemens obtiene grandes cantidades de hidrógeno a partir de generación de energía eólica. Las baterías de combustible de hidrógeno se utilizan en diferentes tipos de transporte, desde vehículos de plataforma hasta flotas de autobuses. Adicionalmente, el oxígeno producido tiene varias aplicaciones, como en el área de la salud y en el proceso de crecimiento del salmón. La producción en sitio reduce los costes de transporte y maximiza la seguridad de operación al tiempo que garantiza una alta disponibilidad.⁴⁰ Sin embargo, expertos de Generación de UTE comentan que aún es una tecnología muy nueva y no es seguro que los vehículos circulen en la ciudad y/o sean estacionados en plazas de estacionamiento ya que podrían explotar.

En el congreso de Auder 2019, la presidenta de ANCAP Marta Jara presento el desafío estratégico “la transición hacia una nueva movilidad: hidrógeno verde para transporte pesado/larga distancia” y como características del mismo, menciono que es una generación 100% renovable, y que se está desarrollando el primer piloto de hidrógeno verde para transporte pesado/larga distancia

También presentó que Uruguay es el caso ideal para proyectos de demostración de hidrógeno verde y que las cinco razones clave para invertir en Uruguay son que:

- 1) Es una de las mejores condiciones macroeconómicas en la región.
- 2) Sector de energías renovables altamente desarrollado con una matriz eléctrica 98% renovable.
- 3) El hidrógeno verde uruguayo puede tener un costo competitivo, tanto dentro como fuera del país.
- 4) Es estratégico mejorar la eficiencia y disminuir las emisiones del sector transporte: continuar trabajando en electro movilidad en vehículos livianos y buses urbanos, e implementar un piloto de hidrógeno para transporte pesado y de larga distancia.
- 5) Empresas alineadas con políticas públicas trabajan hacia una visión común para el hidrógeno en Uruguay.

⁴⁰ <http://www.mch.cl/2017/03/15/silyzer-la-apuesta-siemens-almacenamiento-energia-limpia/> (visitado por última vez el 17/11/2019)

Asimismo, Martin Scarone en el congreso de AUDEER 2019, presentó los beneficios de la generación de Hidrógeno para Uruguay y estos son:

- Descarbonización
- Estabilización y reducción del costo de la energía (fuentes renovables y autóctonas)
- Independencia energética
- Disminución de la exportación de divisas y
- Posibilidad de utilizar los excedentes de energía eléctrica a mediano plazo

3.2 SELECCIÓN

Al comienzo de este capítulo planteamos cuatro alternativas posibles para un uso más eficiente de la energía como aprovechamiento del excedente. Luego de analizarlas, decidimos seleccionar “Movilidad Eléctrica (ciudades Inteligentes)”.

Esta selección se realiza principalmente por los beneficios que la movilidad eléctrica ofrece y por un factor que evaluamos como el grado de viabilidad y el impacto que percibimos. Además esta alternativa presenta un avanzado desarrollo a nivel internacional e impacta positivamente en la eficiencia energética contribuyendo al balance entre la oferta y demanda así como la estabilidad de la cargabilidad de las líneas de energía.

Según el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE) en los últimos años, los vehículos eléctricos se han convertido en una alternativa viable al sistema de transporte actual basado en combustibles fósiles. Las ventajas de la movilidad eléctrica son claras en términos de emisiones al aire y consumo de energía. El reciente aumento en las ventas atestigua el creciente interés hacia los vehículos eléctricos también por parte de consumidores privados junto con instituciones públicas y políticas. Dada la naturaleza diferente de la energía eléctrica en comparación con los combustibles líquidos, una amplia difusión de la movilidad eléctrica requiere la introducción de nuevos modelos de negocio que puedan satisfacer las necesidades de los nuevos usuarios y aprovechar las potencialidades de este nuevo mercado. (IEEE , 2014)

Como estudiamos en capítulos anteriores, Uruguay posee una gran proporción de energías renovables así como de excedente energético disponible, creemos que los vehículos eléctricos constituyen una excelente oportunidad de explotar este excedente. La electricidad obtenida de formas renovables y la transición de la movilidad a combustión por eléctrica genera importantes beneficios sociales y medioambientales.

Si bien esta alternativa presenta numerosos beneficios, entendemos que para los consumidores particulares los altos costos de inversión pueden disminuir el interés. Por este motivo entendemos conveniente primero promover la alternativa para el transporte público (pudiendo extenderse a fletes, cadetería y posteriormente para los vehículos particulares).

Consideramos que los vehículos eléctricos presentan notables ventajas frente a los tradicionales vehículos de combustión interna entre las que se destaca su eficiencia energética y la mejor perspectiva medioambiental. Por lo que es positivo el desarrollo de campañas de marketing y de concienciación en la sociedad con el fin de transmitir estos beneficios.

Para la evaluación de esta alternativa elegimos realizar un análisis FODA, de modo de construir un enfoque general sobre los factores del entorno exógenos (amenazas y oportunidades) y factores endógenos (debilidades y fortalezas). Se detectan importantes fortalezas de las que nos debemos apoyar y potenciar y no perder de vista las debilidades detectadas. Este análisis nos sirvió de insumo para el desarrollo de la propuesta.



Figura 3.4: Análisis FODA (elaboración propia)

En el siguiente capítulo se presenta un estudio más detallado a través de diferentes herramientas que desarrollaremos en el siguiente capítulo. Con el objetivo de plantear una propuesta que oficie de ejemplo de análisis para impulsar futuras propuestas de negocio.

4 PROPUESTA DE MODELO DE NEGOCIO

4.1 PROPUESTA DE MOVILIDAD ELÉCTRICA

En el capítulo anterior se seleccionó la alternativa de movilidad eléctrica. A partir de esta selección presentamos un estudio más profundo de la alternativa y desarrollamos una posible propuesta que consiste en la transición de vehículos a combustión hacia vehículos eléctricos en el sistema de transporte público montevideano.

Esta iniciativa requiere de un importante apoyo a través de incentivos y proyectos por parte del gobierno y empresas, así como también un enfoque en el marketing que se abordara en el presente capítulo. Se destaca que además de todos los beneficios señalados en el capítulo anterior, estos vehículos eléctricos son capaces de brindar mayor confort a los pasajeros, con aire acondicionado a bordo, cargadores de teléfono, WIFI, accesibilidad sin escalones, motor más silencioso y un andar más fluido, siendo estos factores importantes en la toma de decisión ya que impactan en la calidad de vida de los uruguayos y fomentan el cambio de la matriz energética en el rubro de la movilidad.

Entre los factores más relevantes del sistema de transporte público en la zona metropolitana se destacan los resultados de la encuesta de Movilidad 2017 impulsada por la Intendencia de Montevideo y la CAF⁴¹ con el apoyo del Ministerio de Transporte, las intendencias de Canelones y San José, la Universidad de la República y Naciones Unidas para el Desarrollo público que Montevideo tiene el promedio de movilidad per cápita más alto de la región con 2.32 viajes diarios por usuario.⁴²

En un estudio realizado por Moovitapp se destaca que los pasajeros de transporte público montevideano recorren una distancia promedio de 5.2 km por viaje y solo el 6% de los pasajeros realizan viajes largos. Las personas para ir y volver a sus actividades diarias (trabajo y estudio) insumen en promedio 65 minutos sin incluir los tiempos de espera que adicionan 14 minutos.⁴³



Figura 4.1: Transporte en Montevideo (Auder, 2019)

⁴¹ Banco de desarrollo constituido en 1970 y conformado por 19 países y 13 bancos privados de la región.

⁴² <http://www.cronicas.com.uy/sociedad/montevideo-promedio-movilidad-mas-alto-la-region/> (visitado por última vez el 17/11/2019)

⁴³ https://moovitapp.com/insights/es/Moovit_Insights_%C3%8Dndice_de_Transporte_P%C3%BAblico-1672 (visitado por última vez el 17/11/2019)

Un estudio realizado por McKinsey a nivel mundial, señala que el sector de los ómnibus es el que ha presentado las mayores tasas de crecimiento de los vehículos eléctricos con tasas cercanas al 100% anual en los últimos 5 años. Por ejemplo, para el año 2017 en China el 90% de los nuevos ómnibus fueron eléctricos siendo el mayor productor y comprador de este tipo de vehículo. Dado su alto consumo y a la gran cantidad de kilómetros que realizan por día, los ómnibus eléctricos significan una gran disminución de consumo de combustibles tradicionales lo cual también significa una gran disminución en la contaminación. Por más que el crecimiento es real también es importante aclarar que de no ser por China la evolución ha sido lenta, habiendo muchísimos países donde aún no se han comenzado a utilizar.⁴⁴

La movilidad eléctrica puede convertirse en un aliado del sistema eléctrico con la mejora de la eficiencia del sistema, impulsada por el aplanamiento de la curva de demanda. Esto se puede lograr fomentando la recarga en las horas de la noche y cuando se da menor consumo, de esta forma se disminuye el delta de consumo entre las horas punta y fuera de punta.

Creemos que las iniciativas de gobierno y planes promovidos son muy importantes para el éxito de la industria. Estas iniciativas pueden ser exoneración de impuestos, beneficios en las recargas eléctricas, carriles especiales y estacionamiento prioritario o gratuito en zonas céntricas, entre otras.

Desde el 2012 existe un acuerdo entre el gobierno uruguayo y el fabricante chino BYD en busca de adentrarse en este sector. Como parte de este acuerdo se esperaba que para el año 2015 hubiese al menos 500 ómnibus eléctricos circulando las calles de Montevideo. Sin embargo, esto al 2019 aún no ha sucedido. BYD sí ha sido exitoso en la incorporación de estos vehículos en otros países de Sudamérica como lo son Chile y Brasil.⁴⁵

La primera prueba de un ómnibus eléctrico en Montevideo sentó las bases para un análisis con datos reales en nuestro país. En Junio de 2019 una comisión del Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) definió los pasos a seguir incluyendo el subsidio para las empresas de transporte que decidan avanzar con este proyecto y se espera que para fines de año ya se cuente con 30 ómnibus eléctricos y otra gran cantidad de vehículos híbridos.⁴⁶

En términos de magnitud, la flota de servicio urbano y semi-urbano en Montevideo se compone por un total de 1412 coches. Esta lista es encabezada por Cutcsa, la empresa más grande de Uruguay, con 1125 coches, seguida por COETC con 170 coches y UCOT por 117 coches.

4.2 ANÁLISIS FINANCIERO

Se presenta un análisis financiero de la inversión en vehículos eléctricos, es importante destacar que la cantidad de variables es grande y muchas de ellas son difíciles de estimar a priori por lo que se toma como base un escenario conservador con tendencias pesimistas hacia los ómnibus eléctricos.

⁴⁴ <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/fast-transit-why-urban-e-buses-lead-electric-vehicle-growth> (visitado por última vez el 17/11/2019)

⁴⁵ <https://lta.reuters.com/articulo/chile-transporte-enel-byd-idLTAKBN10C2SF> (visitado por última vez el 17/11/2019)

⁴⁶ https://www.uy.undp.org/content/uruguay/es/home/presscenter/articles/2019/06/buses_electricos_moves.html (visitado por última vez el 17/11/2019)

Se estima que un ómnibus eléctrico cuesta entre US\$ 400.000 y US\$ 450.000, comparado con los US\$ 100.000 de un vehículo a motor de combustión interna.⁴⁷ A su vez, para la gestión del vehículo eléctrico se debe adicionar la inversión en las centrales de carga. Una central de carga se estima cuesta alrededor de US\$ 50.000. A pesar de que las mismas pueden ser utilizadas por varios vehículos en este análisis se considera que los ómnibus se cargan en la noche, en los momentos de menor demanda de viajes y cuando la energía eléctrica es más barata porque se considera un escenario con excedente energético y poco consumo. De esta forma y siguiendo con los supuestos conservadores asumimos que cada ómnibus eléctrico requiere de una central de carga propia.

En 2013, el Ministerio de Industria, Energía y Minería realizó pruebas del ómnibus eléctrico BYD k9 por la ciudad de Montevideo en colaboración con la Intendencia de Montevideo. De estas pruebas se obtiene una autonomía real de aproximadamente 252 km por carga completa y un consumo de 1,26 kWh/km. Si bien la velocidad máxima alcanza 88 km/h, el bus tiene un funcionamiento más eficiente a velocidad constante, alcanzando una autonomía media 2,4 veces mayor a 60 km/h área metropolitana. (MIEM - Ministerio de Industria, Energía y Minería, 2013)



Figura 4.2: Primer autobús eléctrico del Uruguay⁴⁸

En términos de consumo contamos con información histórica de los vehículos a combustible que se aproxima a los 2 km por litro. Para el caso de los ómnibus eléctricos utilizamos los resultados de la prueba piloto que se realizó en Montevideo. Los resultados de esta prueba son muy mejorables ya que se realizaron con un vehículo nuevo que tiende a consumir más y a su vez la tecnología ha mejorado por lo que hoy en día se adquirirían unidades más eficientes. En base a los resultados de este estudio se plantea que el consumo promedio es de 1.26 kWh por kilómetro. Este resultado muestra un consumo entre tres y cinco veces superior al declarado por la fabricante BYD. (MIEM - Ministerio de Industria, Energía y Minería, 2013)

Considerando la tarifa de medianos consumidores (MC1) según el pliego tarifario vigente de UTE⁴⁹ se puede tomar un costo en llano del kWh de \$4.079, lo cual combinado con el consumo de 1.26 kWh se determina un costo de \$5.14 por km. Lo cual, comparado al costo de los vehículos tradicionales es tan solo un 18.22% del costo actual.

⁴⁷ <https://www.elobservador.com.uy/nota/omnibus-electricos-para-montevideo-preparan-llamado-para-el-primer-semester--2019485035> (visitado por última vez el 17/11/2019)

⁴⁸ <http://www.lr21.com.uy/comunidad/1401463-gobierno-subsidio-compra-omnibus-electricos-medio-ambiente> (visitado por última vez el 17/11/2019)

⁴⁹ <https://portal.ute.com.uy/sites/default/files/docs/Pliego%20Tarifario%20Vigente.pdf> (visitado por última vez el 17/11/2019)

	Ómnibus Diesel	Ómnibus Eléctrico
<i>Consumo promedio (l/km o kw/h)</i>	0.5	1.26
<i>Consumo por unidad (km/l o km/kwh)</i>	2	0.79
<i>Costo energético (1 litro o 1kw/h)</i>	\$60	\$4.079
<i>Distancia estimada recorrida por bus (en km)</i>	250	250
<i>Costo /km</i>	\$30.00	\$5.14
<i>Consumo total anual por ómnibus</i>	\$2,737,500	\$468,983
<i>Costos de mantenimiento anual</i>	\$93,600	\$46,800 ⁵⁰
<i>Costo total de en USD</i>	USD 78,642	USD 14,327

Tabla 4.4.1: Costos de movilidad (elaboración propia)

	Ómnibus Diesel	Ómnibus Eléctrico
<i>Inversión inicial vehículos (USD)</i>	100,000	425,000 ⁵¹
<i>Inversión inicial estaciones de carga (c/u)</i>	No aplica	50,000 ⁵²
<i>Vida útil (años)</i>	20	8 (Batería) y 15 (Ómnibus) ⁵³

Tabla 4.4.2: Costos de inversión (elaboración propia)

En cuanto al precio del combustible consideramos el precio al público. Algo a tener en cuenta es que las empresas de ómnibus en Uruguay son subsidiadas por el gobierno de forma que pagan aproximadamente la tercera parte de este valor. Sin embargo, utilizar el valor subsidiado no tiene sentido desde un punto de vista de la utilidad de la inversión ya que el estado podría realizar un subsidio similar para la energía eléctrica, lo cual tendría aún más sentido dada la tendencia al cambio de la matriz energética y el uso de energías renovables.

Un ómnibus promedio de las flotas montevideanas recorre diariamente 250km. Tanto de las fichas de los productores como del trabajo realizado por el Ministerio de Industria, Energía y Minería se conoce que la autonomía de estos ómnibus es más que suficiente para cubrir la cantidad de kilómetros necesarios requiriendo cargas de entre 3 y 6 horas dependiendo de la potencia de cada central de carga.

En cuanto al mantenimiento de los distintos vehículos, los eléctricos tienen un costo mucho menor ya que cuentan con muchas menos piezas y los motores son más sencillos. El costo de mantenimiento de un vehículo eléctrico es al menos la mitad que uno de combustión interna. La vida útil de ambos es similar en el entorno de los 15-20 años aunque el eléctrico requiere de cambio de baterías a la mitad de ese plazo. Para las proyecciones en este trabajo utilizamos flujos de 8 años y luego un valor residual que considera un precio aproximado de la unidad en ese momento.

A continuación se presenta el flujo de fondos incremental esperado ante la compra de un ómnibus eléctrico en dólares americanos. Es importante considerar que se plantea el supuesto de que se están reemplazando vehículos a combustión en buen estado por vehículos eléctricos.

⁵⁰ <https://www.busqueda.com.uy/nota/llegaron-los-electricos> (visitado por última vez el 17/11/2019)

⁵¹ <https://www.elobservador.com.uy/nota/omnibus-electricos-para-montevideo-preparan-llamado-para-el-primer-semester--2019485035> (visitado por última vez el 17/11/2019)

⁵² <https://www.wired.com/story/electric-buses-havent-taken-over-world/> (visitado por última vez el 17/11/2019)

⁵³ <http://www.revistaturbo.com/noticias/primer-bus-electrico-ensamblado-en-colombia-fue-estrenado-en-cali-187> (visitado por última vez el 17/11/2019)

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	VR
<i>USD</i>	(475,000)	64,314	64,314	64,314	64,314	64,314	64,314	64,314	64,314	100,000
<i>IRR</i>	5.23%									

Tabla 4.4.3: Flujo esperado renovación de vehículo eléctrico (elaboración propia)

Estos flujos (considerando una tasa de descuento del 5% y un proyecto de 8 años) nos dan un resultado de una tasa interna de retorno incremental del 5,23%. Este resultado es de por sí una inversión sumamente atractiva en especial en épocas de tasas de interés tan bajas. Es importante volver a mencionar que esto es un escenario pesimista y que no cuantifica las ganancias y externalidades sociales.

Si la estrategia fuese solamente cambiar las unidades “jubiladas”, en ese caso en el año 0 la inversión incremental sería menor ya que de no realizarse la inversión en un vehículo eléctrico habría que realizarla sí o sí en uno de combustión. De esta forma la inversión incremental en el año 0 es de US\$ 100.000 menos. Obteniendo un retorno de la inversión incremental del 10.67%.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	VR
<i>USD</i>	(375,000)	64,314	64,314	64,314	64,314	64,314	64,314	64,314	64,314	100,000
<i>IRR</i>	10.67%									

Tabla 4.4.4: Flujo esperado alternativo renovación de vehículo eléctrico (elaboración propia)

4.3 IMPACTO DE LA TRANSICIÓN A MOVILIDAD ELÉCTRICA

En vista del mayor consumo de energía eléctrica por la inminente carga de baterías del transporte eléctrico, se prevé un incremento de la demanda. Si estimamos un recorrido de 250 km diarios, este implica un consumo de 315 kWh diarios por vehículo, por lo que, esta cifra supera el consumo mensual de un hogar promedio en Uruguay.

	Ómnibus Eléctrico	Flota de 100 Ómnibus Eléctricos
<i>Consumo promedio (kWh por km)</i>	1.26	126
<i>Distancia diaria recorrida (km)</i>	250	25.000
<i>Demanda de energía diaria (kWh)</i>	315	31.500
<i>Distancia anual recorrida (km)</i>	91.250	9.125.000
<i>Demanda de energía anual</i>	114.975 kWh	11.497,5 MWh

Tabla 4.4.5: Incremento de demanda energética por ómnibus eléctricos (elaboración propia)

La energía producida en Uruguay en lo que transcurre de 2019 (hasta principios de noviembre) fue de 12.252,3 GWh de la cual la generación renovable representa una cobertura del 91.4% de la demanda total de energía con 11,195,4 GWh.

Un autobús eléctrico circulando los 365 días del año consume 114.975 kWh anuales, lo cual para una flota de 100 vehículos representa 11.497,5 MWh que equivalen a 11,4975 GWh cifra que es considerablemente inferior a la exportación actual que en el transcurso del año 2019 asciende a 2.584,6 GWh.

Desde el inicio del	día	mes	año	día	mes	año
	GWh	GWh	GWh	%	%	%
Hidráulica	30.1	383.7	6,763.9	60.8	65.7	55.2
Eólica	17.2	173.9	4,153.9	34.7	29.8	33.9
Solar	1.6	15.7	301.6	3.3	2.7	2.5
Térmica	0.0	0.1	276.3	0	0	2.3
Biomasa	0.6	10.5	756.6	1.2	1.8	6.2
Imp.Br.	0.0	0.0	0.0	0	0	0
Imp.Ag.	0.0	0.0	0.0	0	0	0
Total gen	49.5	583.8	12,252.3	100.0	100.0	100.0
Exp.Br.	3.3	57.8	410.1	15	22.2	15.9
Exp.Ag.	18.6	202.0	2,174.5	85	77.8	84.1
Total exp	21.9	259.8	2,584.6	100.0	100.0	100.0

Figura 4.3: Generación de UTE Enero - 12 de Noviembre 2019 (ADME)

Si bien UTE tiene la capacidad de afrontar este incremento en la demanda, esta debe ser gestionada correctamente y es recomendable que las recargas se realicen principalmente en las horas valle o llano. A los efectos de descongestionar las líneas de transporte de energía como también trasladar el consumo del valle al llano. Al proyectar una iniciativa de movilidad eléctrica, se considera un fuerte aporte en responsabilidad social. Por más que estos beneficios son difíciles de cuantificar no es difícil comprender su importancia.

En primer lugar, se puede destacar el beneficio ecológico. En épocas tan complejas para el medio ambiente, este tipo de cambio son una necesidad y Uruguay con energía eléctrica generada casi en su totalidad por energías renovables tiene mucho para contribuir en este aspecto. Estos cambios generan también externalidades positivas en la marca país “Uruguay Natural”.

En segundo lugar se presenta una mejora para los usuarios del transporte público. Las unidades eléctricas son menos ruidosas y más estables y cómodas para los pasajeros. Por último, existen beneficios para toda la población que comparten las calles con el transporte público. Estos beneficios van desde menor contaminación sonora, reducción de emisiones en el aire y de polvo a la ciudad generado por la combustión.

El estudio sobre ómnibus eléctricos realizado por el departamento de Tránsito y la universidad de Columbia de Nueva York estiman que el costo de la salud de los residentes de la ciudad se vería disminuido en US\$ 100 por persona por año en caso de pasar todos los ómnibus a eléctricos. Por más que los valores no pueden traspasarse directamente a Uruguay dadas las diferencias en los costos de salud, sí nos permite saber que existe un valor real positivo de este cambio en la salud de la población. (Columbia University, 2016)

En el mundo, la mayoría de los dispositivos electrónicos como computadoras portátiles, celulares y tablets utilizan baterías de litio como también es el caso de los vehículos eléctricos. Este es un material que se debe reciclar con precaución ya que resulta contaminante si no es manipulado correctamente. Es necesario considerar alternativas para su reciclaje y reutilización, como por ejemplo se planteó anteriormente

utilizar las baterías de vehículos luego de cumplir el ciclo de vida útil para almacenamiento energético en hogares. A futuro se están desarrollando vehículos impulsados a hidrógeno los cuales podrían mitigar este impacto.

4.4 RESPONSABILIDAD SOCIAL Y OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

El cambio a energías renovables es un ejercicio, no solo económico, sino de responsabilidad social que los gobernantes deben liderar para reducir las emisiones contaminantes, los altos costes energéticos y la dependencia de otros países en cuanto a los combustibles fósiles, por ejemplo.⁵⁴

En España, muchas empresas ya han adaptado sus emisiones a la normativa de la Unión Europea, en primer lugar porque es una normativa de obligado cumplimiento y en segundo lugar porque las empresas se han dado cuenta del enorme ahorro de energía que les supone, además de los beneficios de imagen de marca.

Greta Thunberg, en la cumbre sobre la Acción Climática en el marco de la 74 Asamblea General de la ONU, dio un potente discurso en el que increpó a los líderes mundiales presentes acusándoles de traicionar a su generación y fallarles. El objetivo más ambicioso es evitar que el aumento de la temperatura global por esas emisiones sea menor a 1,5 grados respecto a los registros previos a la era industrial, para lo cual la ONU advirtió que se precisa un compromiso global mucho mayor. "El cambio climático se está acelerando y en una dirección muy peligrosa": establece el informe científico que alerta de cifras récord en el calentamiento global.⁵⁵

La única forma de salvarnos es seguir el plan de emergencia climática, y ecologizar el negocio energético mundial a través de inversión gubernamental masiva y una legislación de emergencia, el conocido pacto global ecológico.

En la siguiente figura se puede observar el desafío de la descarbonización en Uruguay, en el cual en el primer cuadrante se ve la matriz de abastecimiento primario representado un 63% por energías renovables y un 37% por petróleo y derivados. Asimismo, si vamos en el segundo cuadrante, la matriz de generación eléctrica vemos que un 20% fue con energía térmica y el resto, 44% hidráulica, 3% solar y 33% eólica.

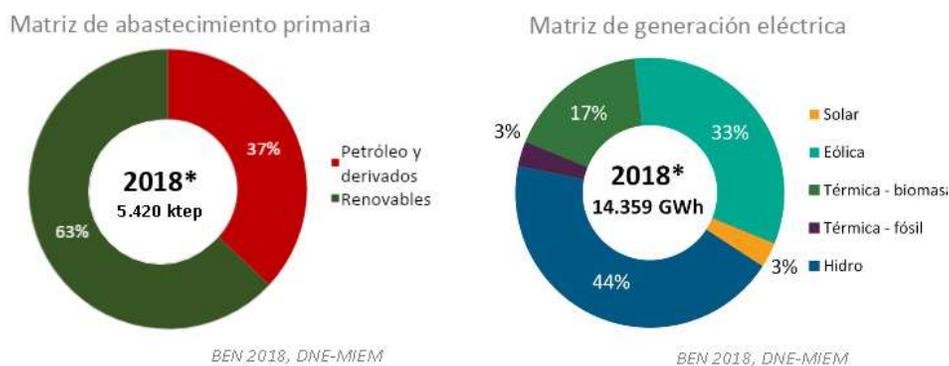


Figura 4.4: Desafío de descarbonización (Ing. Marta Jara – Conhreso Audeer 2019)

⁵⁴ <https://ricardorubiosimon.wordpress.com/2014/10/31/responsabilidad-social-energias-renovables-biomasa/> (visitado por última vez el 17/11/2019)

⁵⁵ <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-49804774> (visitado por última vez el 17/11/2019)

De las distintas exposiciones, se desprenden los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que son un llamado a la acción a todos los países, con el fin de erradicar la pobreza y proteger el planeta, así como también garantizar la paz y la prosperidad.

Los ODS y las metas tienen carácter mundial y son universalmente aplicables. Toman en cuenta las diferentes realidades, capacidades y niveles de desarrollo, respetando las políticas y prioridades nacionales. Se tratan de objetivos interdependientes y que deben ser concebidos de una manera integrada.



Figura 4.5: Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2016)

Actualmente, Uruguay elaboró el tercer Informe Nacional Voluntario, en el cual se reporta, su situación actual y sus principales desafíos vinculados a los ODS comprometidos ante las Naciones Unidas para el presente año. (Oficina de Planeamiento y Presupuesto - Presidencia de la República Oriental del Uruguay, 2019)

Ante la saturación de los ecosistemas es necesario poder cumplir las expectativas de más y mejores productos y servicios con menos recursos y es aquí que la movilidad eléctrica resulta altamente relevante en nuestro análisis.

En 2019 se conmemoró el Día global de la Tierra o Medio Ambiente con foco en la Contaminación del Aire y en el mismo se manifestó que:

- el 92% de los habitantes del mundo no respira aire limpio
- la contaminación del aire le cuesta a la economía global U\$S 5 billones cada año debido a los gastos de asistencia social

- Se estima que la contaminación por ozono a nivel del suelo reducirá el rendimiento de los cultivos básicos 26% para 2030.⁵⁶

Desde la alternativa seleccionada se contribuye a los siguientes ODS:

- **Objetivo 7:** Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos. La alternativa de redes inteligentes y eficiencia energética como movilidad eléctrica trabajan desde el eje de la demanda en apostar a que la demanda sea eficiente y se dé en horas con alta disponibilidad de renovables implicando una reducción en el impacto ambiental y en los costos y contribuir a la sustitución de energía fósil (por ejemplo transporte y calefacción) por energía de fuentes renovables.
- **Objetivo 8:** Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación. Por ejemplo, nuevos servicios de infraestructura, como ser la ruta verde.
- **Objetivo 11:** Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Aquí vemos el transporte eléctrico en apoyo al transporte público (taxis, buses) e infraestructura. También la energía eléctrica como energía más limpia, fomentar la sustitución de fuentes y la eficiencia energética reduce el impacto ambiental.
- **Objetivo 12:** Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. La descarbonización de la matriz, energía limpia accesible a la población. Eficiencia energética.
- **Objetivo 13:** Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. Cambio de la matriz energética, eficiencia energética y movilidad eléctrica.

4.5 GAMIFICATION

Los usuarios y sus comportamientos son críticos para el funcionamiento de los sistemas de transporte. A raíz de esta premisa surge la siguiente interrogante. ¿Cómo podemos incentivar su comportamiento para lograr objetivos tales como cambiar cuando y como se transportan así como su experiencia durante el recorrido?

La congestión de las calles en la hora pico y la capacidad de los ómnibus impacta directamente en la forma y tiempo de viaje de los montevideanos a sus actividades diarias principales como ser trabajo y estudio. Este factor incentiva la búsqueda de posibles soluciones rápidas y económicas que mejoren la calidad en la movilidad como alternativa a planes de infraestructura que toman largos períodos de tiempo.

El transporte no es divertido ni emocionante y es generalmente una barrera entre dónde la persona se encuentra y dónde debe estar. Esta es la principal motivación a proponer iniciativas que conviertan el transporte en una mejor experiencia a través de "Gamification".

El término Gamification puede ser definido como la aplicación de estrategias de juegos en un contexto ajeno a los juegos, con el fin de que las personas adopten ciertos comportamientos, esta técnica puede incluir competición y actividad social. Los pasajeros del transporte público se convierten en posibles participantes.

Para las empresas de transporte, la creación de experiencias gamificadas puede ayudar a alcanzar objetivos comerciales clave. En esencia, la gamificación es una forma de conectarse con un usuario y fomentar el

⁵⁶ <https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/china-sera-anfitrión-global-del-día-mundial-del-medio> (visitado por última vez el 17/11/2019)

compromiso, ya sea que el objetivo sea comunicar un mensaje, mejorar una experiencia o realizar una conversión. En la industria del transporte, el objetivo más importante es aumentar la cantidad de pasajeros y mantener bajos los costos. Para las agencias de tránsito que aprovechan las tecnologías móviles, existe la oportunidad de respaldar esos objetivos directamente a través de una aplicación gamificada.



Figura 4.6: Gamification (elaboración propia)

Esta estrategia se ha puesto en práctica en Singapore a través del programa INSINC⁵⁷ donde se fomenta el cambio de demanda de la hora pico al valle. El programa ofrece incentivos a los pasajeros que viajan en las horas valle como viajes gratis y ofertas personalizadas. El programa comenzó en 2012 y alcanzó a disminuir 7.49% de pasajeros en la hora pico.

El potencial para combinar juegos y recompensas con viajes en transporte público es significativo. En Montevideo, la tarjeta del Sistema de Transporte Metropolitano (STM) podría utilizarse para fomentar un mejor uso del sistema.

Se podrían ofrecer recompensas de cambio de comportamiento adicionales para viajes fuera de las horas pico, tarifas dinámicas según la demanda, fomentar el cambio del vehículo personal al transporte público, o recompensar el uso de paradas alternativas de transporte público para evitar estaciones congestionadas.

Los resultados podrían estar vinculados a planes de viaje basados en negocios donde las empresas pueden mostrar mejoras en sus resultados finales al alentar el cambio de modo del automóvil al transporte público o al viaje activo como caminata y bicicleta. Algunos de los incentivos pueden suscribirse a través de sus ahorros.

4.6 ESTRATEGIA DE MARKETING DIGITAL

Como herramienta de marketing digital en función de la alternativa seleccionada, entendemos relevante para las empresas que apuestan a la transición de transporte eléctrico realizar una activación de marketing bajo el término **#MeMuevoRenovable**. En esta campaña sugerimos resaltar el sentimiento por los factores y cambios ambientales en los que transitamos actualmente, como los cambios que se proyectan en el futuro y el impacto económico que trae aparejado.

Como se ha comentado anteriormente:

- Los vehículos eléctricos pueden circular utilizando el viento, el sol y el agua.
- Se ha constatado que los costos de los mantenimientos de los motores eléctricos disminuyen radicalmente.
- Se puede circular con un costo ocho veces inferior al de un vehículo a combustión interna.

57

https://www.lta.gov.sg/content/ltagov/en/getting_around/public_transport/plan_your_journey.html#travel_smart_by_planning_your_journey (visitado por última vez el 17/11/2019)

Pensando en el público objetivo con el que se busca conectar, se siente que sería para personas a las que les atrae la innovación, revolucionarios, creativos, ambientales (eco friendly), como también a empresas que apuesten a la responsabilidad social y que también estén visualizando el impacto económico que esto implicaría. Esta propuesta responde a la aparición de un consumidor consciente de su responsabilidad con el planeta y de cómo afectan al medio ambiente las empresas y sus actividades productivas y, sobre todo, sus propios hábitos en el momento de comprar productos y servicios.

A nivel mundial, la movilidad eléctrica se orienta a modelos donde la sustentabilidad es un mandato más que una necesidad y el hecho de buscar alternativas amigables con el planeta ya no es una motivación de pocos sino algo que todos debemos hacer; en este sentido la movilidad eléctrica es una alternativa para promover el cuidado del medio ambiente, reducir contaminación sonora, derribar mitos e incentivar las inversiones del país.

Como otra actividad relevante, además del término #MeNuevoRenovable, se considera atractivo y productivo, realizar un evento donde se expongan los autobuses eléctricos, organizaciones uruguayas y expertos internacionales, fabricantes, distribuidores de energía, usuarios, entre otros. Esta sería una excelente oportunidad para incentivar a las empresas a conocer el mercado, y contribuir a la gestión del conocimiento de los beneficios que trae tomar el cambio y en cuanto a los usuarios del transporte público para entrar en contacto con estos vehículos y generar conciencia. Sería interesante también que en el evento se le permita al público probar los mismos, quizás realizar un viaje donde puedan vivir experiencias personales, explicar de los beneficios de su gestión, mantenimiento, características de confort como aire acondicionado, WIFI, facilitación en la gestión del mismo para el ingreso y egreso de personas con discapacidad, haciendo de esto que la gente visualice cuál es el futuro. Como temas de organización, sería bueno que para poder realizar el viaje, que se deban registrar previamente en una página creada para el evento. Como otro resultado a destacar del evento sugerido, el mismo permitiría también informar a los inversores sobre los beneficios de pasarse al formato eléctrico a nivel tecnológico y tarifas promocionales de UTE mediante proyectos de promoción del gobierno.

En la exposición de autobuses se expondrían los vehículos disponibles en el mercado, como son los de la marca BYD, invitando también a reconocidas marcas con automóviles familiares como son BMW, Mini Cooper, Mercedes Benz, Peugeot y Tesla (el auto icónico a nivel mundial), sumado a la experiencia de probar los vehículos eléctricos de las marcas Renault, JAC, BYD y E-Min que son los que se encuentran en el País.

Como otra actividad, se propone también realizar actividades para niños, con juegos inteligentes y animadores. Por ejemplo, contar con la presencia de Santiago Urrutia o Gustavo Trelles como referentes por su reconocimiento y carisma en la actividad automovilística. Como herramienta de marketing digital, es que quienes deseen participar, suban una foto o video a las redes sociales utilizando el hashtag #MeNuevoRenovable.

Con esta campaña se persigue principalmente concientizar al público en general, educar sobre las energías renovables y los beneficios de la movilidad eléctrica y mejorar el compromiso o “engagement” del público como posibles clientes de las empresas e incrementar las redes de la propuesta. Con el fin de medir la expansión de la red, se puede tomar en cuenta la cantidad de seguidores o fans. Si bien esta no es una medida extremadamente significativa del posicionamiento si combinada con otras puede ser de ayuda para evaluar la performance de la campaña.

4.7 STAKEHOLDERS

Los stakeholders (interesados) de la propuesta son muy variados y cada uno de ellos aporta en distintos aspectos a la propuesta, a continuación resaltamos los principales.

Stakeholders	
Gobierno	<p>El gobierno toma un rol fundamental en la definición de políticas, planes, proyectos y beneficios fiscales en esta clase de propuestas con el fin de aportar un beneficio positivo en la sociedad.</p> <p>A su vez, la cámara de senadores y de diputados fija políticas de estrategias eléctricas que luego UTE va tener que cumplir, así como está obligado a ciertos actos. Otro ejemplo es que va estar obligado a mantener relaciones con distintas instituciones sociales por normativa estatal.</p>
Sociedad	<p>Es de suma importancia garantizar en la sociedad la sustentabilidad económica, social y medioambiental. Para ello, todos en una pequeña medida formamos parte a través de decisiones que tomamos a diario.</p> <p>A su vez UTE como agente social económico, debe actuar con la responsabilidad y buena conducta para cooperar en la sociedad de la cual forma parte.</p>
Empresas de Transporte	<p>Las empresas de transporte serán el motor de esta propuesta una vez en marcha, ya que harán posible la movilidad eléctrica día a día. Por ello, estos toman un rol fundamental que debe ser acompañado por UTE y el gobierno para garantizar el éxito.</p>
Medios de Comunicación	<p>Los medios de comunicación y comunicadores serán quienes emitan información que va llegar a la sociedad. Es importante que se le otorgue la debida relevancia a este agente para garantizar una correcta comunicación y “engagement”.</p>

4.8 CANVAS DEL MODELO DE NEGOCIO

Para el desarrollo de la propuesta de modelo de negocio elaboramos un modelo canvas. El modelo nos muy útil como herramienta de análisis y comunicación de los aspectos clave de la propuesta. Podría ser útil para presentar a interesados de la propuesta. Este modelo tiene foco en la propuesta de valor de un sistema de transporte más cómodo, confiable y rentable a través de energías limpias con menores emisiones de carbono. (A. Osterwalder, 2010)

Socios Clave	Actividades claves	Propuesta de valor	Relación con los clientes	Segmento de clientes
<p>El socio clave más importante es UTE como proveedor de energía eléctrica.</p> <p>Otros proveedores claves son los proveedores de vehículos eléctricos, baterías y estaciones de carga.</p> <p>El gobierno toma un rol fundamental a través de planes de incentivos a estas actividades.</p>	<p>Las actividades claves deben estar alineadas con brindar un servicio de calidad durante el viaje, horarios a tiempo y comodidad y precios competitivo</p> <p>Recursos claves</p> <p>El recurso clave de esta propuesta son los autobuses electricos, La energía eléctrica y los recursos humanos que colaboran en el desarrollo del negocio.</p>	<p>Sistema de transporte cómodo, con menor ruido, contaminación, polución del aire y su andar es más suave. Los vehículos sufren menos fallas y los clientes no se ven afectados por fallas en el servicio. Disminución de tiempos y costos en el mantenimiento de los equipos.</p> <p>La posibilidad de transportarse conociendo que se emiten emisiones de carbono muy bajas.</p> <p>A su vez un costa más económico permite llegar a precios más bajo a los clientes.</p>	<p>La relación con los clientes esta basada en ofrecer un mejor servicio y comodidad en el viaje.</p> <p>Adicionalmente se adiciona el concepto de Gamification como comunicación e incentivos a los clientes.</p> <p>Canales</p> <p>Consideramos los canales de comunicación que se emplean actualmente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sitios web • Aplicación móvil • Paradas de transporte público • Transporte público • Ferias de energía, innovación. <p>Aplicación móvil para Gamification Eventos de concientización</p>	<p>Segmento masivo de usuarios del transporte público metropolitano de Montevideo.</p> <p>Con conciencia por el medio am</p>
<p>Estructura de costos</p> <p>El negocio presenta altos costos de inversion en los vehículos y centrales de carga. Así como también altos costos operativos en la generación de energía eléctrica.</p> <p>El costo de la energía eléctrica es una pieza fundamental en la estructura de costos y debe ser seguida a través de alianzas con UTE.</p> <p>El gobierno toma un rol fundamental en sus iniciativas de apoyo a negocios que promueven la utilización de energías limpias.</p>			<p>Estructura de ingresos</p> <p>Los ingresos principales del negocio están dados por el servicio brindado de transporte a los clientes y el costo que ellos pagan.</p> <p>El principal ingreso de la propuesta esta asociado a la disminución de costos mensual en cobustible que se verá promovida por la inversión en renovación a una flota eléctrica.</p>	

Figura 4.7: Canvas de la Propuesta

5 CONCLUSIONES

A continuación, presentamos las principales conclusiones sobre los objetivos, factores claves para el éxito de la propuesta, desafíos que se enfrentan para alcanzar el cumplimiento de la alternativa seleccionada y futuras líneas de investigación.

5.1 SOBRE LOS OBJETIVOS

En el trabajo nos planteamos dos objetivos principales. En primer lugar, estudiar la situación actual de la generación energética en el mundo y particularmente en Uruguay así como el impacto de esta nueva matriz en la gestión energética y en la operación de las redes de transmisión y distribución de energía, por la gran incorporación de energías renovables no convencionales (como son la generación eólica y solar) y la no posibilidad de almacenar el excedente energético por la característica propia de la energía, es decir que instantáneamente se tiene que balancear la oferta con la demanda. Nos propusimos también estudiar los avances tecnológicos en materia energética en el mundo y en Uruguay.

Luego de analizar la situación energética en su marco general, establecimos en el segundo objetivo identificar alternativas innovadoras para un uso más eficiente de la energía eléctrica de forma de explotar el excedente que hay actualmente. Este objetivo persigue también la motivación de contribuir a los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas (Naciones Unidas, 2016).

Finalmente, con el fin de darle un cierre al segundo objetivo nos planteamos desarrollar una propuesta de modelo de negocio para una alternativa seleccionada aplicando herramientas de análisis desarrolladas en la maestría con el propósito de que sirva como ejemplo de iniciativas que se puedan desarrollar en Uruguay.

El primer objetivo se planteó de forma amplia ya que comenzaríamos por realizar un análisis de la situación actual en Uruguay y a nivel internacional en materia energética e innovaciones. El cumplimiento de este objetivo fue clave para comprender la situación actual del sector energético y construir los cimientos para el siguiente objetivo.

Los países más desarrollados a nivel energético han promovido cambios que permiten la participación de los consumidores en la cadena de valor. Estos cambios se enfocan en el ahorro energético acompañado de un uso eficiente y consiente de la energía y la disminución de los precios en el mercado. Los gobiernos han incluido en sus agendas de desarrollo el acceso universal del suministro eléctrico y la promoción de energías sostenibles. (Naciones Unidas, 2016)

La industria de servicios eléctricos, ha evolucionado desde sus comienzos en 1880 con la primera central eléctrica, actualmente las empresas eléctricas están trabajando para evolucionar hacia las redes inteligentes. La generación eléctrica fue históricamente a través de fuentes tradicionales como centrales hidráulicas, petróleo y carbón entre otras. Estas instalaciones de gran tamaño suelen encontrarse lejos de los centros de consumo donde la cadena de valor en la transmisión y distribución toma un gran valor. Estos cambios son generalmente graduales por los altos costos de inversión e impacto. (Power Grid International, 2010; PwC, 2018)

En Uruguay se han desarrollado políticas para el cambio de la matriz energética logrando cubrir el aumento de la demanda, donde casi su totalidad es soportada con energías renovables. Uruguay es líder en términos energéticos, a pesar de ser el país más pequeño de la región. (MIEM - Ministerio de Industria, Energía y Minería, 2005; ADME, 2018)

Este aumento de la producción mediante energías renovables ha generado una situación particular, donde por momentos la generación es mayor que la demanda, generando excedentes que no se pueden almacenar siendo este un motivador para el estudio realizado en esta tesis y la búsqueda de alternativas en referencia al mejor aprovechamiento energético como opción alternativa a la exportación a Brasil y Argentina.

Luego de realizado el análisis inicial, contábamos con los conocimientos necesarios, la motivación e iniciativa para abordar el segundo objetivo y desarrollar una propuesta de posible modelo de negocios que sirviera como ejemplo para generar diversas iniciativas en el mercado con el fin de perseguir este objetivo. Como equipo de tesis buscamos que la propuesta aportará valor tanto a UTE como a empresas privadas y a Uruguay en general.

En el capítulo 3 comenzamos planteando cuatro alternativas de estudio (movilidad eléctrica, acondicionamiento térmico, almacenamiento de energía en bancos de baterías y generación de hidrogeno) donde las analizamos y finalmente escogimos una para realizar el modelo de negocio propuesto. Estas alternativas fueron elegidas por su avanzado nivel de desarrollo internacional y su colaboración con la eficiencia energética

En primer lugar desarrollamos la alternativa movilidad eléctrica (ciudades inteligentes) por la motivación de mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de CO₂ (dióxido de carbono).

Se destaca que el sector de los vehículos eléctricos ha avanzado mucho en los últimos años, la crisis del petróleo incitó a muchos fabricantes de autos a buscar alternativas más disponibles, más baratas y mejores, y la electricidad fue una de ellas. Sin embargo pese a estos avances, los vehículos eléctricos siguen presentando algunas desventajas como los altos costos para los consumidores particulares en Uruguay. (Cleverism Magazine, 2015)

Resaltamos positivamente que los esfuerzos en esta dirección aportan grandes beneficios desde un punto de vista ambiental, social, consumo energético y económico. La movilidad eléctrica es un gran aliado al medioambiente debido a su funcionamiento sin carbono siendo la electricidad una de las alternativas más limpias y verdes. Sumado a esto, el petróleo ha demostrado una alta volatilidad a lo largo de los años y elevados precios que cobran un importante impacto en los países consumidores como Uruguay.

En febrero de 2019 se presentó un proyecto elaborado por el MIEM, el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) y el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) que permite subsidiar el diferencial de costo de 100 ómnibus eléctricos.

En segundo lugar, analizamos la alternativa de acondicionamiento térmico (hogares inteligentes). Esta alternativa cobra importancia principalmente por el cambio en los patrones de consumo que se han presentado en los últimos años. Los picos energéticos de consumo están cambiando su tendencia y se presentan tanto en verano como históricamente en invierno, probablemente esto se deba al incremento de aires acondicionados en los hogares uruguayos.

La utilización de aires acondicionados presenta mayores costos de inversión en comparación con otras fuentes analizadas, pero a su vez presenta una mejor relación costo-rendimiento especialmente para la tecnología inverter con WIFI, donde es posible controlar el consumo de forma remota o incorporar estrategias de respuesta a la demanda a través medidores y redes inteligentes.

En tercer lugar, abordamos la alternativa de almacenamiento de energía en bancos de baterías. Según la OPP las tecnologías identificadas para el mediano plazo van en línea con incorporar energías renovables no gestionables y apuntar al almacenamiento de energía en baterías como posible gestión de

almacenamiento. (Oficina de Planeamiento y Presupuesto - Presidencia de la República Oriental del Uruguay, 2019)

La característica impredecible (variables climáticas) de la generación fotovoltaica y eólica se complementa muy bien con las baterías de almacenamiento, brindándole al sistema eléctrico energía almacenada en baterías que no se necesitó consumir al momento de la generación, lo que la convierte en una muy buena alternativa para continuar profundizando.

Por último, analizamos la generación de hidrógeno. La electrolisis juega un papel clave en el almacenamiento de exceso de generación. Mediante este proceso el agua se descompone en oxígeno y gas de hidrogeno por medio de una corriente eléctrica. Este gas podría utilizarse como combustible o para almacenarse y luego utilizarse para generar energía nuevamente a partir de procesos similares al ciclo combinado. (Siemens, 2019)

Al momento de realizar la selección de la alternativa a desarrollar se priorizaron diversos criterios, entre ellos el grado de desarrollo a nivel internacional y el impacto en la eficiencia energética, por lo que optamos por la movilidad eléctrica.

Las ventajas de la movilidad eléctrica son claras en términos de emisiones al aire y consumo de energía. Se detecta un creciente interés hacia los vehículos eléctricos también por parte de consumidores privados, instituciones públicas y políticas. Una amplia difusión de la movilidad eléctrica requiere la introducción de nuevos modelos de negocio. (IEEE , 2014)

Creemos que el desarrollo del trabajo ha cumplido los objetivos de análisis planteados y tiene como resultado una propuesta de negocio atractiva. La movilidad eléctrica forma parte del presente y futuro de las ciudades urbanas y aporta importantes beneficios como fueron expuestos en el desarrollo de este trabajo. Estamos convencidas de que esta es la dirección hacia la que se mueve el mundo y con el apoyo y seguimiento adecuado Uruguay puede alcanzar las metas de movilidad que se proponga.

La movilidad es una necesidad para la sociedad, es un derecho y es clave para la economía. Permite el acceso a la ciudad y a la satisfacción de las necesidades básicas de los individuos de forma segura y equitativa. Con respecto al medio ambiente, limita las acciones de gases y generación de residuos, minimizando el consumo de energías no renovables y del ruido. Con respecto a la economía es un sistema económicamente accesible, opera de forma eficiente, ofrece alternativas en cuanto a los modos de viaje y colabora con el desarrollo de la economía y la competitividad.

En fin, la propuesta consiste en una iniciativa de movilidad eléctrica en el transporte público, que logrará mejoras en el colectivo y apunta a la repercusión de motivar a otros sectores como por ejemplo vehículos para fletes y repartos y vehículos de privados.

Para tangibilizar la propuesta, presentamos un análisis financiero para la renovación de flota en las empresas de transporte público colectivo montevideano bajo dos escenarios donde el retorno de la inversión incremental varía entre 5.23% y 10.67% en comparación a continuar con una flota a combustión. A demás de los tentadores beneficios a nivel económico, este modelo aporta grandes beneficios a nivel ambiental y una estrecha relación con los objetivos de desarrollo sostenible planteados por la ONU.

5.2 FACTORES CLAVES PARA EL ÉXITO DE LA PROPUESTA

Si bien esta tesis plantea la propuesta de modelo de negocio como una posible iniciativa a tomarse, puede servir como fuente de inspiración para negocios alternativos que persigan similares objetivos.

Creemos que su grado de aplicabilidad es muy alto y puede resultar tentadora su aplicación en las empresas uruguayas.

El éxito esta propuesta u otras similares va a depender en gran proporción de los distintos interesados y el desarrollo de estrategias para que influyan directa o indirectamente de forma constructiva.

Consideramos imprescindible que la propuesta de negocio sea acompañada por la oferta de incentivos desde el gobierno y de los proveedores, como hay a nivel internacional, siendo está una condición crítica en el éxito de la movilidad eléctrica.

Asimismo, entendemos importante recordar que los incentivos no deben ser únicamente económicos, sino que pueden respaldarse en otras estrategias como ser beneficios como por ejemplo carriles exclusivos de circulación y estacionamiento gratuito. Es importante que UTE y los Organismos Gubernamentales tomen un rol clave en proveer regulaciones y subsidios, como también los proveedores en tecnología como son las estaciones de carga, fabricantes de autobuses y de baterías.

Las campañas de concientización en materia social, ambiental y económica deben estar alineadas con la propuesta de marketing digital realizada en esta tesis u otras estrategias compatibles. Este no es un cambio rápido y las empresas que tomen la iniciativa van a constituir un hito clave en el éxito de la transformación. Resaltamos también que el interés de los consumidores tiene un rol clave en demandar y optar por utilizar esta clase de tecnología y servicios, por lo que, la educación en la población es extremadamente relevante para el cuidado del medio ambiente y el uso eficiente de tecnologías inteligentes y en contribución del desarrollo sostenible.

5.3 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

En primer lugar, podría ampliarse nuestro estudio con investigaciones de mayor profundidad, por ejemplo con casos donde se comparen los resultados de la transición de vehículos para fletes y repartos, con encuestas al personal que evalúen la percepción que tienen del transporte público eléctrico y la transición a vehículos utilitarios eléctricos.

Del mismo modo, podría extenderse la investigación realizada en el almacenamiento de energía en banco de baterías de uso residencial.

Otra línea podría ser investigar la aplicabilidad de los hogares inteligentes en función de cuando se implanten las tarifas dinámicas en tiempo real.

Investigar la autogeneración y la planificación de las redes, también nos parece una línea interesante, existe ya algún estudio pero no lo encontramos en Uruguay.

Investigar la reutilización de las baterías luego de cumplido el ciclo de vida en los vehículos.

También nos parece interesante investigar el impacto de la autogeneración en la matriz energética y su gestión y regulación.

Finalmente, un aspecto interesante sería estudiar las ciudades inteligentes en profundidad.

6 BIBLIOGRAFÍA

A. Osterwalder, Y. P. (2010). *Business Model Generation*.

Accenture. (2016). The future of demand response. Disponible en:
https://www.accenture.com/t20170406t202722z_w_/us-en/_acnmedia/pdf-48/accenture_future-demand-response-pov.pdf (visitado por última vez el 17/11/2019)

Accenture. (2017). Grid Digital Enabled. Disponible en: <https://www.accenture.com/us-en/insight-embracing-digitally-enabled-grid-distribution-utilities-2017> (visitado por última vez el 17/11/2019)

ADME - Administración del Mercado Eléctrico. (2015). *Mercado eléctrico del Uruguay fundamentos y proyecciones*. Disponible en: https://adme.com.uy/db-docs/Docs_secciones/nid_78/Presentacion_GrandesConsumidores_20151001_CIU_v2.pdf (visitado por última vez el 17/11/2019)

ADME - Administración del Mercado Eléctrico. (2018). *Informe Anual 2018*. Disponible en: https://adme.com.uy/db-docs/Docs_secciones/nid_526/Informe_Anual_2018_V8.pdf (visitado por última vez el 17/11/2019)

Auder - Asociación Uruguaya de Energías Renovables. (2017). Resumen 2017. Disponible en: <http://audee.org.uy/#noticias> (visitado por última vez el 17/11/2019)

Auder - Asociación Uruguaya de Energías Renovables. (2018). Memoria 2018. Disponible en: <http://www.auder.org.uy/pdfs/memoria2018.pdf> (visitado por última vez el 17/11/2019)

Auder. (2019). *Proyecto de movilidad urbana eficiente y sostenible*.

Casaravilla, D. I. (2019). *UTE del futuro*. Disponible en: http://www.latamrenovables.com/img/presentaciones/2019/DIA_2/Mesa_4/gonzalo_casaravilla.pdf (visitado por última vez el 17/11/2019)

CIMAT, L. H. (2014). Smart grid: evolución del sistema eléctrico. Disponible en: <http://www.ecoconstruccion.net/require/archivos/articulos/descarga/rWloegeiTap50hS93E2uJhI5H.pdf> (visitado por última vez el 17/11/2019)

Cleverism Magazine. (2015). *What E-Mobility Is All About*. Disponible en: <https://www.cleverism.com/what-e-mobility-is-all-about/> (visitado por última vez el 17/11/2019)

Columbia University. (2016). *Electric Bus Analysis for New York City Transit*. Disponible en: <http://www.columbia.edu/~ja3041/Electric%20Bus%20Analysis%20for%20NYC%20Transit%20by%20J%20Aber%20Columbia%20University%20-%20May%202016.pdf> (visitado por última vez el 17/11/2019)

Facultad de Ingeniería UDELAR. (2018). *Riesgos y oportunidades para el mercado eléctrico como fruto de los cambios en la matriz energética*. Disponible en: <https://www.fing.edu.uy/sites/default/files/eventos/mini-workshop-%E2%80%99Criesgos-y-oportunidades-para-el-mercado-electrico-como-fruto-de-los-cambios-en-la-mat/11->

El%20Mercado%20Ele%CC%81ctrico%20en%20Uruguay.pdf (visitado por última vez el 17/11/2019)

IBM. (2012). *Transforming the energy value chain*. Disponible en: http://www.sift-ag.com/public_html/download/spss/doc/Transforming%20the%20energy%20value%20chain.PDF (visitado por última vez el 17/11/2019)

IEEE . (2014). *International Electric Vehicle Conference (IEVC)*.

IEEE. (2018). *The Smart Grid Could Hold the Keys to Electric Vehicles*. Disponible en: <https://innovationatwork.ieee.org/the-smart-grid-could-hold-the-keys-to-electric-vehicles/> (visitado por última vez el 17/11/2019)

LATAM Renovables. (2019). *V congreso de energías renovables-LATAM Renovables* . Disponible en: <http://www.latamrenovables.com/> (visitado por última vez el 17/11/2019)

MIEM - Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2005). *Política Energética 2005-2030*. Disponible en: <http://www.miem.gub.uy> (visitado por última vez el 17/11/2019)

MIEM - Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2013). *Pruebas de Campo Bus 100 % Eléctrico*. Disponible en: https://www.miem.gub.uy/sites/default/files/informe_pruebas_bus_electrico_byd.pdf (visitado por última vez el 17/11/2019)

MIEM - Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2019). *Informe Medio Ambiente y Energía en Uruguay*. Disponible en: https://www.miem.gub.uy/sites/default/files/informe_medio_ambiente_energia.pdf (visitado por última vez el 17/11/2019)

MIEM - Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2019). *Normativa de energía*. Disponible en: <https://www.miem.gub.uy/contenidos/energ%C3%ADa/normativa> (visitado por última vez el 17/11/2019)

Ministerio para la Transición Ecológica - España. (2019). *Estrategia a Largo Plazo para una Economía Española Moderna, Competitiva y Climáticamente Neutra en 2050*.

Mission Data. (2016). Disponible en: *Got Data? The value of energy data access to consumers*: <https://static1.squarespace.com/static/52d5c817e4b062861277ea97/t/56b2ba9e356fb0b4c8559b7d/1454553838241/Got+Data+-+value+of+energy+data+access+to+consumers.pdf> (visitado por última vez el 17/11/2019)

Naciones Unidas. (2016). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/> (visitado por última vez el 17/11/2019)

Navigant. (2018). *Capturing Value through Disruptive Energy Platforms*. Disponible en: <https://www.navigantresearch.com/-/media/project/navigant-research/reportfiles/wpec418navigantresearchpdf.pdf> (visitado por última vez el 17/11/2019)

Oficina de Planeamiento y Presupuesto - Presidencia de la República Oriental del Uruguay. (2015). *Estrategia de Desarrollo 2050*. <https://estrategiadesarrollo2050.gub.uy/> (visitado por última vez el 17/11/2019)

Oficina de Planeamiento y Presupuesto - Presidencia de la República Oriental del Uruguay.

(2019). *Hacia una Estrategia Nacional de Desarrollo, Uruguay 2050 - Presente y futuro de las energías renovables en Uruguay.* Disponible en:

[https://www.opp.gub.uy/sites/default/files/inline-](https://www.opp.gub.uy/sites/default/files/inline-files/12_%20Presente%20y%20futuro%20de%20las%20Energ%C3%ADas%20Renovables%20en%20Uruguay.pdf)

[files/12_%20Presente%20y%20futuro%20de%20las%20Energ%C3%ADas%20Renovables%20en%20Uruguay.pdf](https://www.opp.gub.uy/sites/default/files/inline-files/12_%20Presente%20y%20futuro%20de%20las%20Energ%C3%ADas%20Renovables%20en%20Uruguay.pdf) (visitado por última vez el 17/11/2019)

Oficina de Planeamiento y Presupuesto - Presidencia de la República Oriental del Uruguay.

(2019). *Informe Nacional Voluntario Uruguay 2019.* Disponible en: <https://deres.org.uy/informe-nacional-voluntario-uruguay-2019/> (visitado por última vez el 17/11/2019)

Our World in Data - Hannah Ritchie and Max Roser. (2017). *Renewable Energy.* Disponible en:

<https://ourworldindata.org/renewable-energy> (visitado por última vez el 17/11/2019)

Our World in Data - Hannah Ritchie and Max Roser. (2018). *Energy production and changing energy*

sources. Disponible en: <https://ourworldindata.org/energy-production-and-changing-energy-sources> (visitado por última vez el 17/11/2019)

Poder Ejecutivo de Uruguay. (1997). *Ley n° 16.832 del Marco Regulatorio.* Disponible en:

<https://legislativo.parlamento.gub.uy/temporales/leytemp6036142.html> (visitado por última vez el 17/11/2019)

Poder Ejecutivo de Uruguay. (2002). Reglamento de Distribución de Energía Eléctrica - Decreto n° 277/002.

Poder Ejecutivo de Uruguay. (2002). Reglamento de General del Marco Regulatorio del Sector Eléctrico - Decreto n° 276/002.

Poder Ejecutivo de Uruguay. (2002). Reglamento de Trasmisión de Energía Eléctrica - Decreto n° 278/002.

Poder Ejecutivo de Uruguay. (2002). Reglamento del Mercado Mayorista de Energía Eléctrica - Decreto n° 360/002.

Power Grid International. (2010). *Uncovered: 100 Years of Electricity History.* Disponible en:

<https://www.power-grid.com/2010/03/01/uncovered-100-years/#gref> (visitado por última vez el 17/11/2019)

PwC. (2018). *The 15th PwC Global Power & Utilities Survey.* Disponible en:

<https://www.pwc.ru/en/publications/obzor-mirovoy-elektroenergetiki-2019.html> (visitado por última vez el 17/11/2019)

Rodríguez Molina, J. &. (2014). *Business Models in the Smart Grid: Challenges, Opportunities and Proposals for Prosumer Profitability. Energies.* Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/277674120_Business_Models_in_the_Smart_Grid_Challenges_Opportunities_and_Proposals_for_Prosumer_Profitability (visitado por última vez el 17/11/2019)

Siemens. (2019). Hidrógeno derivado de la electrólisis: el combustible más versátil.

The Economist. (2017). The world's most valuable resource is no longer oil, but data. Disponible en:

<https://www.economist.com/leaders/2017/05/06/the-worlds-most-valuable-resource-is-no-longer-oil-but-data> (visitado por última vez el 17/11/2019)

UTE. (2018). III Semana de la Energía 2018. Disponible en: <https://portal.ute.com.uy/noticias/se-desarrollo-en-nuestro-pais-la-iii-semana-de-la-energia> (visitado por última vez el 17/11/2019)

UTE. (2019). *Fuentes de Generación*. Disponible en: <https://portal.ute.com.uy/institucional/infraestructura/fuentes-de-generacion> (visitado por última vez el 17/11/2019)

Ziegelmayr, D. &. (2016). *Potential Business Model*. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/303738644_eCo-FEV_D5023_Potential_Business_Model (visitado por última vez el 17/11/2019)

Zubi, G. &.-L. (2018). The lithium-ion battery: State of the art and future perspectives.

7 ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Composición de la Generación Eléctrica Uruguay 2018 (Auder - Asociación Uruguaya de Energías Renovables, 2018)	8
Figura 2.1: Balance Demanda/Oferita (en base a curso de inducción del Despacho de Cargas Uruguay de UTE).....	11
Figura 2.2: Mapa de procesos básicos del mercado eléctrico (elaboración Propia)	12
Figura 2.3: Cadena de Valor del Mercado Eléctrico	12
Figura 2.4: Cambio de Paradigma (elaboración propia).....	14
Figura 2.5: Organización del Mercado Eléctrico (Facultad de Ingeniería UDELAR, 2018).....	15
Figura 2.6: Fuentes de Abastecimiento de Energía (ADME - Administración del Mercado Eléctrico, 2015)	16
Figura 2.7: Generación en Uruguay (UTE, 2019).....	16
Figura 2.8: Mapa de Interconexiones con países vecinos en base a presentaciones internas de UTE	17
Figura 2.9: Producto Bruto y Demanda de Energía Eléctrica 2008-2018 (ADME - Administración del Mercado Eléctrico, 2018) Evolución de la matriz energética uruguaya.....	18
Figura 2.10: Procedencia energética de Uruguay en el periodo Enero-Junio 2019 (elaboración propia en base a (Casaravilla, 2019)).....	19
Figura 2.11: Abastecimiento de la demanda uruguaya y exportaciones semanal (LATAM Renovables, 2019)	20
Figura 2.12: Excedentes de energía eléctrica (Martin Scarone, MIEM Congreso Auder 2019).....	21
Figura 2.13: Evolución del consumo de los hogares uruguayos del 1994 al 2019 (en base a informes internos de UTE).....	22
Figura 2.14: Smart Grid (IEEE, 2018)	23
Figura 2.15: Smart Grid Components	23
Figura 3.1; El ecosistema de movilidad eléctrica (Ziegelmayr, 2016).....	31
Figura 3.2: Costos de calefacción ²²	33
Figura 3.3: Fluctuaciones de temperatura en aires acondicionados ³⁰	36
Figura 3.4: Análisis FODA (elaboración propia).....	42
Figura 4.1: Transporte en Montevideo (Auder, 2019).....	43
Figura 4.2: Primer autobús eléctrico del Uruguay.....	45
Figura 4.3: Generación de UTE Enero - 12 de Noviembre 2019 (ADME)	48
Figura 4.4: Desafío de descarbonización (Ing. Marta Jara – Congreso Audeer 2019).....	49
Figura 4.5: Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2016)	50
Figura 4.6: Gamification (elaboración propia).....	52
Figura 4.7: Canvas de la Propuesta	55
Figura 4.8: Canvas de la Propuesta	55
Figura 9.1: Evolución de la producción energética desde 1800 al 2017 (Our World in Data - Hannah Ritchie and Max Roser, 2018).....	66
Figura 9.2: Evolución del consumo energético 1965 a 2015 por región mundial (Our World in Data - Hannah Ritchie and Max Roser, 2018).....	67
Figura 9.3: Evolución de la generación de energía renovable desde 1965 al 2016 (Our World in Data - Hannah Ritchie and Max Roser, 2017)	68

8 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Potencia instalada de Agentes del MMEE por fuente (ADME - Administración del Mercado Eléctrico, 2018).....	17
Tabla 3.1: Ventajas y desventajas de las alternativas de calefacción (elaboración propia).....	34
Tabla 4.4.1: Costos de movilidad (elaboración propia).....	46
Tabla 4.4.2: Costos de inversión (elaboración propia).....	46
Tabla 4.4.3: Flujo esperado renovación de vehículo eléctrico (elaboración propia).....	47
<i>Tabla 4.4.4: Flujo esperado alternativo renovación de vehículo eléctrico (elaboración propia)</i>	<i>47</i>
Tabla 4.4.5: Incremento de demanda energética por ómnibus eléctricos (elaboración propia).....	47
Tabla 9.1: Medidores analógicos vs. Inteligentes (Elaboración propia en base a datos de Smart Energy)	69
Tabla 9.2: Rendimientos y costos de calefacción (SEG Ingeniería)	70
Tabla 9.3: Inverter vs On Off (elaboración propia)	71

9 ANEXOS

9.1 EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN ENERGÉTICA

La generación global de energía ha cambiado, tanto en términos de cantidad como de fuente lo que puede observarse en la siguiente figura. En 1800, la gran mayoría de la energía del mundo se produjo a partir de biomasa tradicional (esencialmente quema de madera y otras materias orgánicas), en el mundo se estaba usando una pequeña cantidad de carbón (alrededor del dos por ciento). Hacia 1870 comenzó la expansión hacia el consumo de petróleo y dos décadas más tarde, se incorporaron el gas natural y la hidroelectricidad. El consumo de carbón aumentó significativamente de 2% a la mitad de la energía global en 1900, mientras que la otra mitad estaba compuesta por la biomasa, el petróleo, el gas y la hidroelectricidad.

Para mediados del siglo XX, las fuentes de energía se diversificaron significativamente. En 1960, el mundo se había trasladado a la producción de electricidad nuclear. Finalmente, las energías renovables actuales (biocombustibles modernos, energía eólica y solar) aparecen a partir de la década del 80. Otras fuentes renovables, como las tecnologías geotérmicas y marinas aún mantienen participaciones de producción muy pequeñas. Existe un largo camino por recorrer para transformarnos a nivel mundial en un planeta donde dominen las energías renovables. Es muy importante que este camino sea acompañado de inversiones y políticas que favorecerán su desarrollo. (Our World in Data - Hannah Ritchie and Max Roser, 2018)

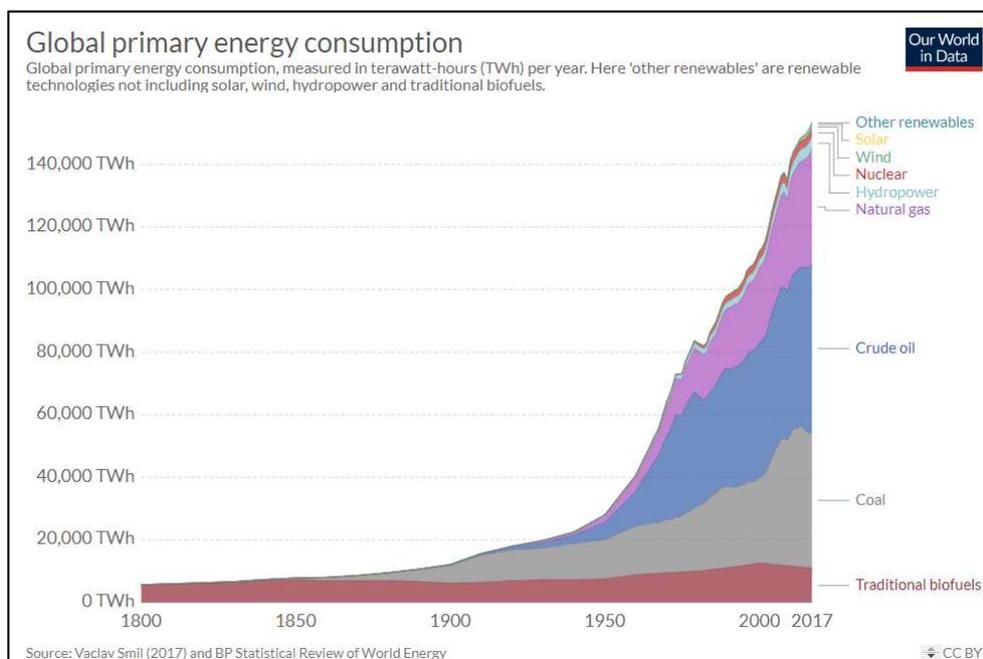


Figura 9.1: Evolución de la producción energética desde 1800 al 2017 (Our World in Data - Hannah Ritchie and Max Roser, 2018)

En el año 2015 se consumió 25 veces más energía eléctrica que en 1800 alcanzando la cifra de 146,000 TWh⁵⁸ y las energías renovables representaban menos del 5% mundialmente. (Our World in Data - Hannah Ritchie and Max Roser, 2018)

⁵⁸ El teravatio-hora (TWh) es una unidad de medida de energía eléctrica. El megavatio-hora (MWh) equivale a un millón de vatios-hora. Es la energía necesaria para suministrar una potencia constante de un megavatio durante una

En el reporte de Producción energética, Hannah Ritchie y Max Roser plantean que nos encontramos ante un continuo crecimiento de la demanda de energía eléctrica. En 1965, la mayor parte de la energía total se consumió en América del Norte, Europa y Eurasia. En conjunto, representaron más del 80 por ciento del consumo mundial de energía. Aunque el consumo de energía ha aumentado en estas regiones desde la década de 1960, su proporción relativa del total ha disminuido significativamente. El consumo en el resto del mundo ha aumentado, más dramáticamente en Asia Pacífico, donde el consumo total aumentó más de 12 veces en este período. (Our World in Data - Hannah Ritchie and Max Roser, 2018)

Como resultado, en 2015, Asia Pacífico fue el mayor consumidor regional con un 42 por ciento; esto fue casi igual al de Norteamérica, Europa y Eurasia combinados (43 por ciento). El Medio Oriente, América Latina y África representan alrededor del siete, cinco y tres por ciento, respectivamente. (Our World in Data - Hannah Ritchie and Max Roser, 2018)

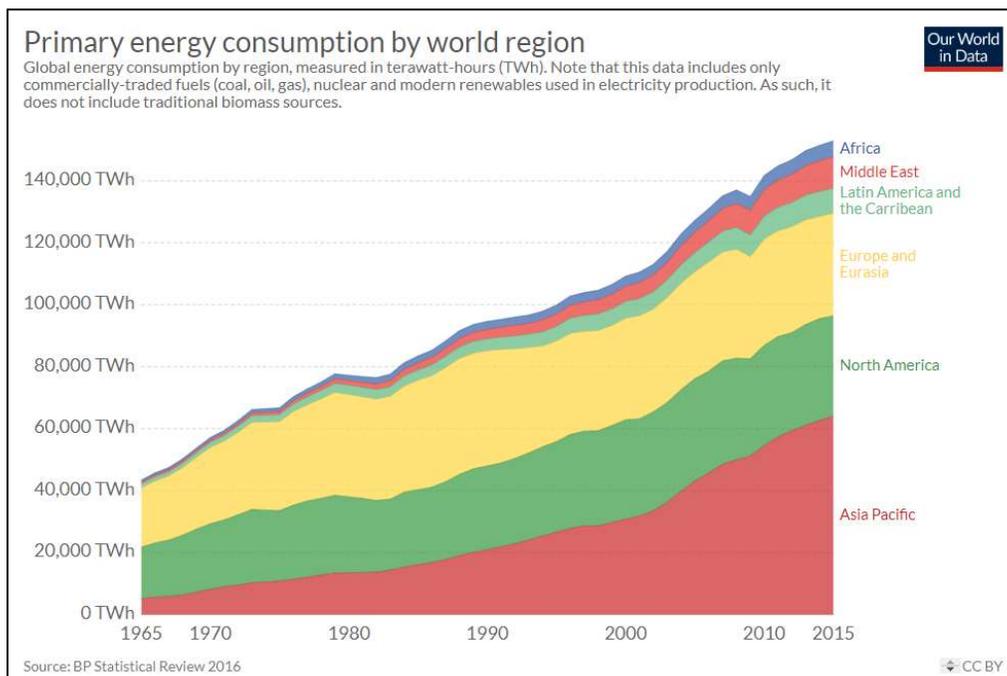


Figura 9.2: Evolución del consumo energético 1965 a 2015 por región mundial (Our World in Data - Hannah Ritchie and Max Roser, 2018)

La población en el mundo está creciendo a una tasa de alrededor de 1.07% por año y el aumento promedio actual de la población se estima en 82 millones de personas por año⁵⁹. Esto trae consigo un incremento en las necesidades de electrificación, a nivel mundial el consumo de energía eléctrica se encuentra creciendo a tasas más altas en los países emergentes como China e India y más bajas en países desarrollados como Estados Unidos y Europa OCDE.

hora. El MWh se utiliza para medir el consumo de grandes industrias o conglomerados urbanos y para dar a conocer el índice de producción de una central eléctrica, aunque para estos casos también se utiliza el megavatio-año, unidad con que se mide la energía suministrada por una central eléctrica durante un año. Un múltiplo del MWh es el gigavatio-hora (GWh) que equivale a mil MWh.

⁵⁹ Estadística obtenida de <https://www.worldometers.info/world-population/#growthrate> (visitado por última vez el 01/08/2019)

Las economías se ven desafiadas por el crecimiento de la demanda de energía eléctrica y la necesidad de una mayor integración de los sistemas, especialmente las economías emergentes que poseen tasas de crecimiento económico y poblacional.

A nivel internacional, existe un desarrollo creciente asociado a las energías renovables no convencionales (ERNC) como ser generación fotovoltaica, eólica y biomasa. Las tecnologías renovables con excepción de la biomasa tradicional a menudo se denominan 'energías renovables modernas'. Estos incluyen la producción de energía hidroeléctrica, solar, eólica, geotérmica y biocombustibles. (Our World in Data - Hannah Ritchie and Max Roser, 2017)

El siguiente gráfico muestra el avance, para los últimos 50 años, en relación a las energías renovables. Podemos observar como el crecimiento se ha dado en mayor medida a partir del año 2000. (Our World in Data - Hannah Ritchie and Max Roser, 2017)

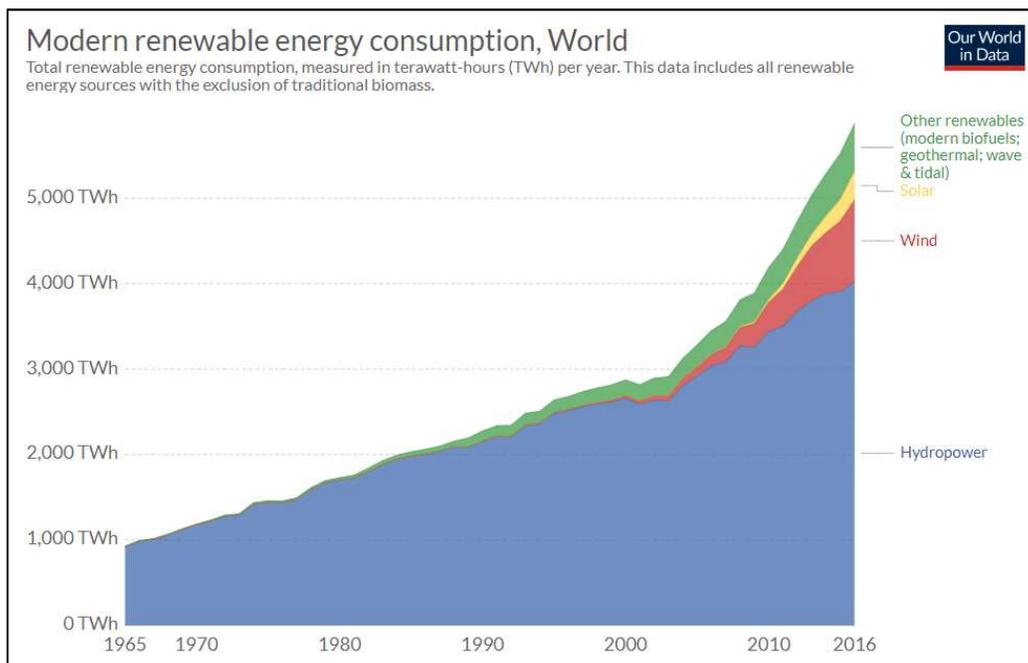


Figura 9.3: Evolución de la generación de energía renovable desde 1965 al 2016 (Our World in Data - Hannah Ritchie and Max Roser, 2017)

A nivel mundial, en el año 2016 se produjeron aproximadamente 5,9 TWh de energía renovable. Esto representa un aumento de 5 a 6 veces desde la década de 1960. Aquí vemos que la energía hidroeléctrica sigue siendo la forma dominante del consumo moderno de energías renovables, que representa casi el 70 por ciento. Sin embargo, a pesar del crecimiento absoluto en la producción, la participación de la energía hidroeléctrica está disminuyendo a medida que crecen otras tecnologías renovables. En el 2017, el 70% de la capacidad de generación de energía eléctrica del mundo correspondió a energías renovables.⁶⁰

⁶⁰ <https://negocios.elpais.com.uy/noticias/uruguay-lidera-mundo-proceso-energia-verde.html>

9.2 MEDIDORES INTELIGENTES VS. ANALÓGICOS

Medidores analógicos	Medidores Inteligentes
Requiere de la lectura de un empleado de la compañía eléctrica cada mes.	Proporciona lecturas diarias, horarias e incluso por minuto.
Necesita de una configuración anual para mantener la exactitud. Si el medidor no está bien configurado puede retrasar y reducir el monto de sus facturas. Una vez que la compañía detecta lo que está sucediendo, ajusta el medidor y enviará una factura para compensar lo que no se le cobró anteriormente.	Las baterías deben reemplazarse cada 10 o 20 años.
Con el fin de detectar la manipulación o robo de electricidad, un empleado de la empresa debe analizar los datos durante un largo tiempo y determinar si existe un funcionamiento anormal.	Puede registrar y avisar automáticamente a la compañía de electricidad en caso de manipulación o robo del servicio.
Este medidor no tiene manera de comunicar a la empresa si se presenta algún tipo de deficiencia o situación de emergencia con el servicio eléctrico.	Si hay un corte de luz, inmediatamente envía una notificación a la compañía eléctrica para informar que el suministro eléctrico se perdió.

Tabla 9.1: Medidores analógicos vs. Inteligentes (Elaboración propia en base a datos de Smart Energy ⁶¹)

⁶¹ <https://www.smartenergy.com/es/que-es-un-medidor-inteligente/> (visitado por última vez el 17/11/2019)

9.3 RENDIMIENTOS Y COSTOS DE CALEFACCIÓN

RENDIMIENTOS Y COSTOS DE EQUIPOS DE CALEFACCIÓN: AGOSTO 2018				
COMBUSTIBLE O TIPO DE EQUIPO	PODER CALORÍFICO INFERIOR	RENDIMIENTO	\$/1.000 kCal	COSTO MENSUAL*
Paneles Eléctricos (tarifa Residencial Simple)	860 kCal/kWh	100%	8,7	\$ 2.016
Paneles Eléctricos (tarifa DHR con 20% de consumo en "Punta")	860 kCal/kWh	100%	6,0	\$1.398
Leña en estufa abierta	2.700 kCal/kg	30%	5,7	\$ 1.323
Gas Oil	8.621 kCal/l	85%	5,5	\$ 1.280
Queroseno	8.276 kCal/l	85%	5,3	\$ 1.227
Gas Natural	8.200 kCal/m ³	90%	4,9	\$ 1.149
Eurocable (tarifa DHR con 0% de consumo en "Punta")	860 kCal/kWh	97%	4,8	\$ 1.109
Supergás	10.931 kCal/kg	90%	4,4	\$ 1.027
Fuel Oil Medio	9.525 kCal/l	80%	3,4	\$ 797
Calefactor a pellets	3.941 kCal/kg	85%	3,3	\$ 762
Caldera eléctrica (tarifa MC1, 100% de consumo en "Valle")	860 kCal/kWh	97%	2,6	\$ 596
Leña en caldera o estufa de alto rendimiento	2.700 kCal/kg	75%	2,3	\$ 529
Aire Acondicionado "Split"	860 kCal/kWh	280%	2,2	\$ 499

DHR = tarifa Doble Horario Residencial. \$/1.000 kCal = pesos cada mil kilocalorías.
 * Costo mensual estimado para una habitación de 15 m² en invierno.

Tabla 9.2: Rendimientos y costos de calefacción (SEG Ingeniería)

9.4 TABLA COMPARATIVA DE AIRES ACONDICIONADOS

En la tabla siguiente se presenta un cuadro comparativo de las dos tecnologías mencionadas:

Inverter	
Ventajas	No tiene picos de arranque y mantiene consumo contante, más económico, tecnología más avanzada. Se necesita una menor potencia contratada. Casi el doble de rendimiento en comparación con el On Off y por lo tanto esto significa la mitad de consumo para hacer el mismo trabajo y climatizar el mismo ambiente. Mayor rango de funcionamiento en función de la temperatura exterior.
Desventajas	Los repuestos son más caros, la placa electrónica está en la unidad exterior y tiene mayor facilidad de fallar, mayor complejidad del funcionamiento, las reparaciones son más complejas.

On off	
Ventajas	Es más económico el costo de los repuestos y del equipo. Funcionamiento más simple. El On Off ha avanzado en la eficiencia de su funcionamiento llegando a categoría A.
Desventajas	El pico de arranque es de 5 a 6 veces más que el consumo nominal por lo cual se necesita una mayor potencia contratada. Menor rango de funcionamiento en función a la temperatura exterior. Una Unidad no inverter al llegar la temperatura exterior entre 5 – 0°C empieza a bajar el rendimiento de una manera muy brusca, llegando incluso a ser ineficaz e inútil que esta siga funcionando si baja aún más la temperatura exterior, esto es debido a que al funcionar en modo calor la unidad exterior o condensadora estará enfriando y llega un punto en que esta empieza a producir escarcha y termina por congelarse haciendo imposible el intercambio de calor o frío en el exterior, esto es solucionado con el llamado desescarche que prácticamente todas las unidades de este tipo disponen, con este desescarche lo que hace la unidad de aire acondicionado es invertir el ciclo de refrigeración haciendo que la unidad funcione en modo frio (sin prender el ventilador interior) enviando el calor que hay adentro del ambiente a la unidad exterior para descongelarla, perdiendo en el proceso ese calor que debería estar impulsando en la unidad interior. Después de esto, la unidad se volverá a poner a funcionar de manera normal hasta el siguiente desescarche que será más habitual y acortado en el tiempo contra más frío y humedad haga en el exterior. Las unidades inverter no tienen este problema o si lo tienen siempre es mucho menos acusado ya que la propia electrónica va regulando el flujo del gas para que esto no suceda según las mediciones que hagan las sondas de temperatura llegando a funcionar hasta -15°C de temperatura exterior y perdiendo mucho menos rendimiento que las unidades de aire acondicionado no inverter.

Tabla 9.3: Inverter vs On Off (elaboración propia)